

Das Trautonium
Prozesse des Technologietransfers im Musikinstrumentenbau

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der

Philosophisch-
Sozialwissenschaftlichen
Fakultät der

Universität Augsburg

vorgelegt von
Benedikt Brilmayer aus
Ebersberg
2014

Erstgutachter: PD Dr. habil. Erich Tremmel

Zweitgutachter: Prof. Dr. Franz Körndle

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Februar 2015

Danksagung

Diese Arbeit entstand über einen mehrjährigen Prozess des Recherchierens, des Zusammentragens und des Niederschreibens, der von vielen Seiten begleitet wurde. An dieser Stelle möchte ich all den Personen meinen Dank aussprechen, die mir in diesem Prozess wesentliche Impulse gegeben haben. Allen voran gilt mein Dank meiner Frau Julia, die mir mit ihrem großen Interesse für dieses Thema stets zur Seite stand.

Ganz besonderer Dank gebührt meinem Erstbetreuer, Dr. Erich Tremmel, der die Entstehung dieser Arbeit in zahlreichen Diskussionen und Gesprächen mit seinem umfangreichen Wissen begleitete und den Prozess stets mit großer Offenheit und tiefem Interesse verfolgt hat. Ebenso gebührt meinem Zweitbetreuer, Prof. Franz Körndle für seine stete Hilfsbereitschaft und umsichtige Beratungen großer Dank.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei Silke Berdux vom Deutschen Museum München sowie bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des dortigen Archivs. Dem Leiter des Archivs der Universität der Künste Berlin, Dr. Dietmar Schenk, und seiner Mitarbeiterin Antje Kalcher sei sehr herzlich für ihre zuvorkommende Unterstützung und Hilfsbereitschaft gedankt.

Ganz besonderer Dank gebührt der Direktorin des Musikinstrumenten-Museums Berlin PK, Prof. Conny Restle, die mir nicht nur Zugang zu den Trautsonien ihrer Sammlung ermöglichte, sondern auch mit impulsgebenden Diskussionen zur Seite stand. Darüber hinaus sei Frau Claudia Wache herzlich gedankt, die mir bei der Bildrecherche im Archiv des Museums mit Rat und Tat zur Seite stand.

Berlin, November 2016

Inhaltsverzeichnis

Einführung	4
I. Grundlagen	6
1. Terminologische Überlegungen	7
1) ›Elektronische Musik‹	8
2) ›Elektroakustische Musik‹	12
3) ›Elektrische Musik‹	15
4) Bilanz.....	17
2. Aufgabenstellung und Zielsetzung	25
3. Musikschaffen und Musikforschung um 1900.....	28
1) Musikschaffen.....	32
2) Musikforschung.....	41
4. Musiktechnologische Neuerungen	53
1) Mechanische Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung	57
2) Elektrifizierte Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung	65
5. Zusammenfassung	80
II. Technologietransfer im Musikinstrumentenbau	85
1. Organologische Erfassung.....	87
1) Problematik der organologischen Differenzierung.....	87
2) Begriffliche Differenzierung der Klangerzeugung.....	92
3) Kriterien einer Betrachtung elektroakustischer Musikinstrumente	97
2. Innovationen im Musikinstrumentenbau an ausgewählten Beispielen.....	102
1) Innovation als Erweiterung und Variation	102
2) Innovation als Konzeption ›neuartiger‹ Instrumente	107
3. Technologietransfer im Instrumentenbau	116
1) Technologietransfer als innovatives Prinzip	118
Exkurs I: Überblick zur Bildung institutioneller Infrastruktur des Technologietransfers im 19. Jahrhundert	123
2) Anwendungsbereiche neuer Technologien am Beispiel mechanischer Musikinstrumente.....	128

3) Technologietransfer an ausgewählten Beispielen mechanischer Musikinstrumente.....	135
4. Entfaltung relevanter Wissenschaften und Technologien im 19. Jahrhundert	148
1) Akustik.....	149
2) Elektrizität und Elektrotechnik.....	157
Exkurs II: Erweiternde Innovation durch Technologietransfer im Orgelbau...	163
3) Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung.....	171
5. Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente.....	179
1) Telharmonium.....	180
2) Theremin.....	186
3) Ondes Martenot	191
4) Sphärophon.....	195
6. Überleitung	200
III. Das Trautonium: Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte.....	204
1. Das Trautonium in wissenschaftlichen Publikationen.....	206
2. Die Anfänge Friedrich Trautweins	210
3. Die Konzeption des Trautoniums an der Rundfunkversuchsstelle.....	216
1) Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle	217
Exkurs III: Oskar Salas Anfänge an der Hochschule für Musik.....	230
2) Konzept und Gestaltung des Trautoniums.....	234
3) Die Klangsynthese und ihre elektrotechnische Umsetzung.....	252
4. Zwischenbilanz	264
5. Das Telefunken-Trautonium.....	266
6. Salas Arbeiten am Trautonium.....	278
1) Rundfunk-Trautonium.....	279
2) Konzert-Trautonium	288
3) Mixtur-Trautonium	297
Exkurs IV: Oskar Sala und Friedrich Trautwein.....	310
7. Zusammenfassung	315
IV. Schlussbemerkung.....	322

V. Anhang.....	330
1. Abbildungsverzeichnis.....	330
2. Patente Oskar Salas	334
3. Listen von Kompositionen für Tautonium aus dem untersuchten Nachlass Oskar Salas	356
VI. Quellen- und Literaturverzeichnis.....	361
1. Verzeichnis verwendeter Archivalien.....	361
1) Archiv des Deutschen Museums München	361
2) Archiv der Universität der Künste	362
3) Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin.....	362
4) Bundesarchiv	362
5) Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums Berlin PK.....	363
2. Zeitschriften	364
3. Internetauftritte	365
4. Literatur.....	366

Einführung

Das Trautonium ist in Deutschland über die vergangenen Jahre zu einem, den Umständen entsprechend, bekannten Musikinstrument geworden. Durch Auftritte Oskar Salas (1910–2002), der zu Lebzeiten als der einzige Virtuose dieses Instrumentes galt, wurde zum Ende der 1980er Jahre das öffentliche Interesse für diese altmodisch anmutende, technologisch aber hoch entwickelte Konstruktion sowie die Klänge, die Sala ihr entlocken zu vermochte, wieder angeregt. Rasch wurde auch Oskar Sala, dessen Name Kennern als Schöpfer zahlreicher Kompositionen für Film und Fernsehen, darunter die Soundkulisse für Alfred Hitchcocks *The Birds* von 1962, geläufig war, als Zeitzeuge der Entstehung sogenannter elektronischer Musik populär. Das Trautonium wurde dabei als ›sein‹ Instrument wahrgenommen und konnte sich als Zeitgenosse des durch seine ungewöhnliche Spielweise beeindruckenden Theremin im Bewusstsein der Öffentlichkeit verankern. Als einer der möglichen Vorläufer heutiger Synthesizer regte es auch erste musikwissenschaftliche Darstellungen an.

Das Archiv des Deutschen Museum München verwahrt den äußerst umfangreichen Nachlass Oskar Salas, der eine wertvolle Quelle für das Wissen über Salas vielfältige Arbeit mit und an dem Trautonium darstellt. Zu dessen 100-jährigen Geburtstag veranstaltete das Museum ein internationales Symposium, dessen Programm ein Abbild der zahlreichen Facetten dieses unkonventionellen Komponisten, Interpreten und Instrumentenbauer sowie dessen Instrument war. Dieses Symposium gab den endgültigen Anstoß für die vorliegende Untersuchung in der das Instrument im Mittelpunkt stehen sollte. Die Überlegungen zu einer systematischen Betrachtung führten allerdings rasch über herkömmliche disziplinäre Schwerpunkte hinweg, woraus sich ein mehrfach gegliederter Ansatz als sinnvoll ergab. Die Wurzeln des Trautoniums selbst entsprangen dem zeitlichen Umfeld der goldenen 20er Jahre, die erfüllt waren mit dem Erblühen neuer technischer Errungenschaften, die sich rasch im Alltagsleben der Gesellschaft verbreiten konnten. Dabei wurde die Musik, nicht zuletzt durch neu aufkommende Medien, in eine neue Ebene des Umgangs mit ihr erschlossen.

Bereits im Vorfeld der eigentlichen Entwicklung des Trautoniums vollzog sich eine zunehmende Technologisierung von Instrumentenkonstruktionen im Allgemeinen,

deren Ursprünge weit in das 19. Jahrhundert hineinreichen. Ohne eine Berücksichtigung dieses Wandels erscheinen die neuen Möglichkeiten der Ton- und Klangerzeugung und die daraus hervorgegangenen Musikinstrumente lediglich als ein, möglicherweise erster Schritt hin zu der sogenannten elektronischen Musik. Damit ergab sich für die vorliegende Untersuchung auch die Notwendigkeit, eine terminologische Überlegung voranzustellen, womit versucht werden soll, einen umfassenden Ansatz zur wissenschaftlichen Herangehensweise zu erschließen. Durch diese Reflektion terminologischer Grundlagen eröffnet sich eine systematische Ebene zur Erfassung des Umfeldes, dem nicht nur das Trautonium, sondern auch die weiteren Vertreter sogenannter elektronischer Klangerzeugung hervorgehen konnten.

I. Grundlagen

Eine Untersuchung über die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Trautoniums kann nicht umhinkommen, zugleich auch den historischen Zeitraum zu überblicken, der sich in den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts zu öffnen beginnt. Dieses erweiterte Blickfeld erschließt das Trautonium als einen Vertreter der Gruppe von Musikinstrumenten, deren Funktionsweise nicht mehr mit mechanischen, sondern mit elektrotechnischen Vorrichtungen realisiert wurde. Erst daraus ergibt sich ein Kontext, der einen Betrachtungsrahmen schafft, innerhalb dessen diese gesamte Gruppe sich als ein Aspekt des Beginns neuer Verfügungsmöglichkeiten über Töne, Klänge und Musik selbst erweisen werden.

Diese Themenwahl erfordert zunächst ein Reflektieren terminologischer Problematiken, um das Fundament für die nachfolgenden Annäherungsschritte zu bereiten. Es gilt, das begriffliche Rüstzeug zu formulieren, womit ein bislang wenig beachteter Bereich der Musikkultur des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts betrachtet werden kann. Dabei soll die zunehmende Technologisierung der Verfügbarkeit von sowie über Musik im Mittelpunkt stehen, deren Auswirkungen die gesamte Musikkultur bis in unsere heutige Zeit beeinflussen. Erst nach dieser allgemein einführnden Schärfung der Perspektive auf diesen Aspekt können weitere Schritte unternommen werden, die eine adäquate Untersuchung der Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte künstlicher Ton- und Klangerzeugung und damit auch des Trautoniums ermöglichen.

1. Terminologische Überlegungen

Musik, die mithilfe von strombetriebenen Geräten unterschiedlichster Art hervorgebracht und wiedergegeben wird, existierte bereits vor dem Beginn des 20. Jahrhunderts. Erste Versuche, die Kraft der Elektrizität zur Hervorbringung von Klängen zu verwenden, reichen noch weiter in die Vergangenheit zurück. Will man tatsächlich an die Wurzeln dieser Art von Musik vordringen, kommt man nicht umhin, eine terminologische Diskussion voranzustellen, womit nicht nur die zu verwendenden Begriffe, sondern auch das zu bezeichnende Themenfeld erschlossen und umrahmt werden können. Dabei werden rasch bestehende terminologische Unschärfen offensichtlich, die ein wissenschaftliches Desiderat hinsichtlich der Anfänge dessen vermuten lassen, was bis heute zumeist sehr frei als ›elektronische Musik‹ bezeichnet wird. »Elektronische Musik wird umgangssprachlich für jede Art elektronisch erzeugter Musik verwendet.«¹

In der gegenwärtigen wissenschaftlichen Musikgeschichtsschreibung nimmt die sogenannte ›elektronische Musik‹, mitsamt ihrem Werk-Kanon sowie spezifischen Musikinstrumenten und Geräten zunächst den Rang eines Teilgebietes der sogenannten ›Neuen Musik‹ ein.² Dieser Terminus wurde von Paul Bekker als Titel eines Vortrags aus dem Jahre 1919 eingeführt und einerseits im Sinne einer Abgrenzung gegenüber der Romantik³ sowie andererseits im Sinne »...einer Bestandsaufnahme des jüngsten Musikschaffens...«⁴ verstanden. In den folgenden Jahren konnte dieser Begriff sowohl in Veröffentlichungen Bekkers, besonders durch »...kämpferische publizistische Organe...«, als auch durch »...die 1922 in Salzburg gegründete *Internationale Gesell-*

¹ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 1755.

² Vgl. Hermann Danuser: Art. *Neue Musik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel u.a. 1997, Sp. 97.

³ Vgl. Christoph von Blumröder: Art. *Neue Musik* in: Hans Heinrich Eggebrecht (Hrsg.), *Handwörterbuch der musikalischen Terminologie*, Freiburg i. Br. 1980, S. 3. Da dieser Abschnitt explizit der Terminologie gewidmet ist, werden hierin diejenigen Begriffe, die im Mittelpunkt stehen, mit einfachen französischen Anführungszeichen umrahmt (beispielsweise ›elektronische Musik‹), um dem Leser möglichst große Klarheit zu gewähren.

⁴ Hermann Danuser: Art. *Neue Musik*, Sp. 75.

schaft für Neue Musik ...»⁵ sprachlich, aber auch durch damit verbundene musikalische Aufführungen zeitgenössischer Musik, gefestigt werden.

1) ›Elektronische Musik‹

Nach dem tiefen Einschnitt, den das Dritte Reich und der zweite Weltkrieg im Kulturleben Europas und darüber hinaus hinterlassen hatten, erfuhr der Begriff der ›Neuen Musik‹ eine Wiederbelebung, innerhalb der er zunächst abermals als Mittel der Epochenbezeichnung zum Zweck der Abgrenzung verwendet wurde. Allerdings galt nun die sogenannte ›Neue Musik‹ selbst als überholt, die Abgrenzung erfolgte also gegen die ältere ›Neue Musik‹. Bei den neuen Arbeiten handelte es sich um diejenigen des damals jüngst gegründeten *Kölner Studios für elektronische Musik* beim Sender des NWDR. »Nachdem die Phase der ›Neuen Musik‹ im Wesentlichen abgelaufen ist, präsentiert sich das Neue, das nicht mehr ›Neue Musik‹ ist, in der normalen Entwicklungsform des allmählichen Werdens, Wachsens und Sichausbreitens.«⁶ Damit wurde der Begriff zunächst ad absurdum geführt, indem Herbert Eimert nun das Neue – nämlich sein Schaffen und das der Mitarbeiter des Studios – im Sinne einer teleologisch-historischen Entwicklung versteht und so das früher ›Neue‹ als durch das nun ›Neuere‹ überdeckt und dieses als neu beginnend auffasste. Dabei unterschied er jedoch begrifflich nicht zwischen der Ebene des ›nicht mehr ganz Neuen‹, das er nun durchaus als Epochen-, zumindest aber Zeitabschnittsbezeichnung verstand, und dem ›überdeckend Neuem‹. Die Relativierung erfolgte bereits fünf Jahre später, indem er zwar die Epochenbedeutung beibehielt, nun jedoch als ein vermittelndes Element zwischen der (alten) ›Neuen Musik‹ und den künstlerischen Arbeiten des *Kölner Studios*, das Schaffen Anton Weberns stellte und somit das zuvor neu erwachsende nun doch wieder an die (alte) ›Neue Musik‹ anzuknüpfen versuchte. »Die zweite Entwicklungsphase der Neuen Musik hat um 1950 begonnen.«⁷

Das, was als ›Neues‹ damals begonnen hatte, war nichts anderes als die ›elektronische Musik‹, wie sie von Herbert Eimert selbst im oben bereits zitierten ersten Band des

⁵ Christoph von Blumröder: Art. *Neue Musik*, S. 3f.

⁶ Herbert Eimert: *Vorwort*, in: ders. (Hrsg.), *die Reihe. Informationen über serielle Musik I* (1955), S. 7.

⁷ Ders.: *Die zweite Entwicklungsphase der Neuen Musik*, in: *Melos 12/XXVII* (1960), S. 365.

Aperiodikums *die reihe. Informationen über serielle Musik* sowie in zahlreichen Artikeln um die Mitte der 50er Jahre, als solche bezeichnet wurde. Als Gründungsmitglied des *Kölner Studios für elektronische Musik* und damit als Vorreiter dieses neu auftretenden Genres auf der Bühne der (damals) zeitgenössischen Musik, vereinnahmte Eimert den Begriff ›Neue Musik‹ zunächst zur Abgrenzung der künstlerischen Arbeiten, die in dem Studio entstanden.⁸ Sicherlich zielte diese Abgrenzung auch auf die aus Paris kommende ›musique concrète‹ ab, ebenso kann man annehmen, dass Eimert sich der radikalen Wirkung seiner und von seinen Kollegen im Studio komponierten Werke bewusst war und mit seinen Veröffentlichungen zumindest einen Teil des Publikums auf die Neuartigkeit dieser Art von Musik vorbereiten wollte. Inwiefern er sich darüber hinaus von bereits bekannten Kompositionen für elektroakustische Musikinstrumente abgrenzen wollte, kann nur vermutet werden. Neben dem Trautonium waren in Deutschland das Sphärophon Jörg Magers, in Frankreich das Ondes Martenot und in der jungen Sowjetunion sowie besonders den USA das Theremin populär.⁹ Der Begriff der ›elektronischen Musik‹ wurde ebenfalls von Werner Meyer-Eppler, Karlheinz Stockhausen und Robert Beyer in deren Arbeiten verwendet. Er fand daraufhin rasch Einzug in das musikwissenschaftliche Vokabular und wurde durchaus sogar als Schlagwort für radikale Neuartigkeit im positiven und negativen Sinne verwendet, besonders als er von Eimert in eine existentiell sich gegenseitig bedingende Beziehung mit ›serieller Musik‹ gesetzt wurde: »Indessen ist elektronische Musik nicht ›auch‹ Musik, sondern serielle Musik.«¹⁰ Diese theoretische Fundierung der ›elektronischen Musik‹ lässt auf Bemühungen schließen, die Neuartigkeit einer Musik, die in einem Studio mit zahlreichen technischen Hilfsmitteln erarbeitet wurde, hinsichtlich ihrer ästhetischen Legitimität zu untermauern. »Durch den Terminus elektronische Musik scheint geschichtsidealistisch eine Identität von Technologie

⁸ Vgl. Martin Supper: Art. *Eimert, Herbert*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 6, Kassel u.a. 2001, Sp. 162. Darüber hinaus Stefan Fricke: Art. *Herbert Eimert*, in: Hanns-Werner Heister/Walter-Wolfgang Sparrer (Hrsg.), *Komponisten der Gegenwart*, o.O. 2013.

⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

¹⁰ Herbert Eimert: *Die sieben Stücke*, in: ders. (Hrsg.), *die Reihe I* (1955), S. 13.

(›elektronische‹) und Musik (›Musik‹) zum Ausdruck gebracht, die durch die serielle Kompositionsart erfüllt...« zu sein scheint.¹¹

Eine musikwissenschaftliche Reflektion über die Divergenz zwischen Bezeichnendem – dem Begriff – und Bezeichnetem – der musikalischen Erscheinung – fand bei dem Terminus ›elektronische Musik‹ lange Zeit nicht statt. Sowohl wissenschaftliche, als auch feuilletonistisch gehaltene Arbeiten über die sogenannte ›elektronische‹ Musik, verwenden diesen Begriff bis heute weitgehend unüberlegt. »Als offizielles Geburtsdatum der elektronischen Musik gilt der 26. Mai 1953. Auf dem vom Nordwestdeutschen Rundfunk [...] organisierten ›Kölner Neue[n] Musikfest 1953‹ wurden vier erste Stücke von Robert Beyer und Herbert Eimert vorgestellt.«¹² Aufgrund dieses scheinbar plötzlichen Auftretens eines neuen Genres innerhalb der ›Neuen Musik‹, konzentrierte sich die weit überwiegende Mehrheit an Publikationen zu dem Thema ›elektronische Musik‹ auf den Zeitraum ab etwa 1950. Erfolgte die Verwendung des Begriffes ›elektronisch‹ zunächst und wie oben bereits erwähnt vor allem durch Mitarbeiter des *Kölner Studios* in ihren Sendungen, Vorträgen und Schriften, wurde er auch bald von Musikschriftstellern und Wissenschaftlern übernommen. Dieser Terminus schien gegenüber seinem bezeichneten Objekt legitimiert, wäre der Aspekt des ›elektronischen‹ in dieser Musik aus den spezifischen, damals ausschließlich in Studios zur Verfügung stehenden, technologischen Vorrichtungen zur Erzeugung, Speicherung und Wiedergabe von Klängen abgeleitet worden. Somit scheint die Verwendung des Begriffes ›elektronische Musik‹ gerechtfertigt, wenn man damit speziell die Arbeiten des *Kölner Studios* bzw. die Arbeiten von Rundfunkstudios allgemein bezeichnet wissen will, die mit ähnlichen bzw. vergleichbaren Vorrichtungen ausgestattet waren oder gar nach dem Kölner Vorbild eingerichtet wurden. Doch selbst dieser Anwendungsbereich wurde abermals spezifiziert: »Unter elektronischer Musik sollte nicht mehr das fallen, was hauptsächlich am Rundfunk mit elektronischen Mitteln gemacht wird: Hörspielmusik und Geräuschkulisse. Elektronische Musik soll eine für neue (avantgardistische) und autonome Musik reservierte Bezeichnung sein.«¹³ Daraus ergibt sich nun eine Einschränkung dieses Terminus, indem das dadurch Bezeichnete

¹¹ Wolfgang Martin Stroh: Art. *Elektronische Musik*, in: Hans Heinrich Eggebrecht (Hrsg.), *Handwörterbuch der musikalischen Terminologie*, Freiburg i. Br. 1972, S. 3.

¹² André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, Stuttgart 2010, S. 236.

¹³ Wolfgang Martin Stroh: Art. *Elektronische Musik*, S. 2.

konkretisiert wird, jedoch wiederum hinsichtlich des künstlerischen Anspruches, abseits von einer Musik, die eine spezifische Funktion zu erfüllen hat. Die somit als ein zweitrangiger Vermittler von Ge- bzw. Inhalten zurückgetretene Musik – beispielsweise nach Sprache (bezüglich Hörspiele), oder gar drittrangiger, nach Sprache und Bildern (hinsichtlich Film) – wird in Eimerts Verständnis des Begriffes ausgegrenzt.

Aufgrund seiner Entstehungsweise und der steten Verwendung durch Herbert Eimert, verstellte der Begriff den Blick auf eine Einbettung in die Musikgeschichte, allerdings nicht hinsichtlich der Entwicklung bzw. Anwendung von Kompositionsweisen. In diesem Aspekt sieht Eimert die ›elektronische Musik‹, gekoppelt an den Begriff der ›seriellen Musik‹ in einer geradezu zwingenden Nachfolge der künstlerischen Arbeit Anton Weberns: »Nicht als ob mit elektronischen Mitteln ›auch‹ Musik gemacht werden könne. In der gegenwärtigen Phase der Musik vielmehr ist die kompositorische Situation wieder eindeutig zu bestimmen: es ist die Situation ›nach Webern‹, die kompositorische Situation des entdeckten Tons.«¹⁴ Die Einbettung der ›elektronischen Musik‹ in die Musikgeschichte wird eben mit dieser Anknüpfung aber nur scheinbar vollzogen. Durch die Verwendung des Adjektivs ›elektronisch‹ betont Eimert gerade nicht die Kompositionsweise, sondern vielmehr die Seite der technischen Möglichkeit zur Klanggestaltung. Unter Kompositionsweise könnte beispielsweise ebenso der Aspekt von formaler Gestaltung fallen, der durch den Begriff ›elektronisch‹ nicht tangiert wird. Die technische Möglichkeit der Klanggestaltung, scheinbar betont durch das Adjektiv ›elektronisch‹, rückt im vorliegenden Falle an den Rand der begrifflichen Bedeutung. Der Begriff ›elektronische Musik‹ sollte demnach im allgemeinen und wird nachfolgend in der Tat lediglich bezogen werden auf die Arbeiten des *Kölner Studios*, ist er doch besonders eng mit den ästhetischen Überlegungen des Kreises von Komponisten um Herbert Eimert verbunden, durch den er auch im Bewusstsein der Öffentlichkeit verankert wurde. In dieser Verwendung kann er gleichsam als historiographischer Marker, allerdings wiederum lediglich bezogen auf die Arbeiten des *Kölner Studios*, verstanden werden.

¹⁴ Herbert Eimert: *Die sieben Stücke*, S. 12.

2) ›Elektroakustische Musik‹

›Elektronische Musik‹, also die Form der im Studio hervorgebrachten Musik, wird nicht mehr auf herkömmlichen Instrumenten, sondern mit technologischen Vorrichtungen zur Schwingungserzeugung und –beeinflussung realisiert und ist daraus resultierend von diesen Vorrichtungen bedingt. Dass aber auch die technologischen Errungenschaften, zur Realisierung der ›elektronischen Musik‹ nicht ad hoc verfügbar waren und angewendet wurden, dass des Weiteren bereits Jahrzehnte vor der Entstehung von Tonstudios mit technischen Vorrichtungen experimentiert und komponiert wurde, bleibt in der breiten musikwissenschaftlichen Forschung bislang noch relativ unbeachtet. »An Versuchen, die Elektrizität zur Klangproduktion nutzbar zu machen, hatte es schon in der ersten Hälfte des 20. Jh. nicht gefehlt [...]. Kompositionsgeschichtliche Bedeutung erlangte sie zunächst jedoch nicht oder nur begrenzt, denn entweder fügten sie sich den vorgegebenen musikalischen Konzeptionen umstandslos ein [...] oder sie wurden [...] als unzulänglich verworfen.«¹⁵ Diese Feststellung erscheint als korrekt, sofern die Unterscheidung zwischen Bezeichnendem, nämlich dem Terminus, und dem Bezeichneten, der Musik bzw. dem klanglichen Ereignis, nicht präzise formuliert ist. Bezeichnet man obige »Versuche [...] der ersten Hälfte des 20. Jh.« mit dem bekannten, scheinbar bewährten Begriff der ›elektronischen Musik‹, so kann dies zu keinem wissenschaftlich sinnvollen Ergebnis führen, da das Bezeichnende an historisch später eintretenden Ereignissen festgemacht wurde. Das Bezeichnete wäre dadurch konfrontiert mit nicht angemessenen, asynchronen Ideen und Vorstellungen.

Unter Anderem aus diesem Grunde wird in der Forschung seit den 1990er Jahren vermehrt mit dem Begriff einer ›elektroakustischen Musik‹ gearbeitet. Er umfasst, vergleicht man die Artikel der führenden Fachlexika, einen erweiterten Zeitraum.¹⁶

¹⁵ Hermann Danuser: Art. *Neue Musik*, Sp. 97f.

¹⁶ Diese Tatsache wird bereits durch die Gestaltung der entsprechenden Artikel der unterschiedlichen Ausgaben evident. Vgl. Herbert Eimert: Art. *Elektronische Musik*, in: Friedrich Blume (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart*, Kassel u.a. 1954, Sp. 1263–1268. Dementsprechend vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1717–1765. Auch in der englischsprachigen Literatur ist diese Tatsache ablesbar. In der Ausgabe von 1980 findet sich noch folgender Artikel: Hubert S. Howe Jr.: Art. *Electronic Music*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 6, London 1980, S. 107–110. In der zweiten Ausgabe hingegen findet sich auch hier die Begriffsänderung und der Verweis an der Stelle des Stichwortes *Electronic Music* auf den Artikel: Simon

Damit wird einerseits bewusst die Zeit vor 1950 mit einbezogen, andererseits soll die sich ab 1950 entwickelnde Vielfalt an Klangerzeugungs- und Klangspeicherungsmöglichkeiten übergreifend und in einem erweiterten Sinne, wissenschaftlich erschlossen werden. Allerdings scheint selbst dies nur schwer gewährbar zu sein, wenn es heißt: »Der Begriff *Elektroakustische Musik* [...] vereinigt die Bezeichnungen *musique concrète*, *elektronische Musik*, *tape music*, *live electronic music* und Teile der Computermusik.«¹⁷ Einerseits soll damit verdeutlicht werden, dass man mittlerweile zahlreiche Unterkategorien beobachten und beschreiben kann, andererseits erscheint die Methode einer Kategorisierung, besonders bezüglich der Digitalisierung von Musikproduktion im weitesten Sinne, als überholt, bedenkt man die Möglichkeit zur Simulation bzw. Emulation sämtlicher analoger (Musik-)Produktionsweisen mithilfe des Computers. Damit stünde diese Feststellung prinzipiell in einem Widerspruch zu sich selbst. Zusätzlich scheint das Adjektiv »akustisch« neben der Ebene des Technischen weiterhin die, bisweilen gleichzeitig stattfindende Ebene der herkömmlichen Klangerzeugung durch Musikinstrumente mit einzubeziehen. Dieser mögliche Aspekt des Bedeutenden, der das Bedeutete wiederum erweitert, wird jedoch lediglich implizit angedeutet.¹⁸

Begibt man sich mit dem Terminus »elektroakustische Musik« in die Musikgeschichte und die chronologisch vor den künstlerischen Arbeiten des *Kölner Studios* auftretenden Musikformen, die mithilfe von verschiedensten technischen Vorrichtungen verwirklicht wurden, erweist er sich zumindest als hilfreich, akzentuiert er doch – besonders im deutschsprachigen Raum – die Ausweitung gegenüber dem Begriff der »elektronischen Musik«. Bereits einige Jahre vor dem ersten öffentlichen Konzert des *Kölner Studios* im Jahre 1953 traten bereits beispielsweise in Paris die sog. »*musique concrète*« in das Licht der Öffentlichkeit, ebenso in den USA die sog. »*tape music*«. Beiden Richtungen erfordern nicht nur hinsichtlich von Kompositionsweisen, sondern auch hinsichtlich verwendeter technologischer Vorrichtungen bzw. Geräte, eine Differenzierung von der »elektronischen Musik« des *Kölner Studios*. Die Vielfalt unterschiedlicher Arten der An- und Verwendung technologischer Errungenschaften

Emmerson/Denis Smalley: Art. *Electro-acoustic music*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London ²2001, S. 59–67.

¹⁷ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1749.

¹⁸ Vgl. ebenda.

zur Erzeugung und Hervorbringung von Musik, können nun übergreifend bezeichnet und einem gemeinsamen Begriff, dem der ›elektroakustischen Musik‹, zugerechnet werden.¹⁹ Eine spezifischere Beschreibung derjenigen technologischen Errungenschaften, die in einem jeweiligen Fall zur Realisierung der Musik verwendet wurden, muss jedoch stets in Abhängigkeit des jeweiligen Forschungsschwerpunktes geleistet werden.

Er scheint sich durch das doppelte Adjektiv ›elektro-akustisch‹ zwar einem historisch erweiterten, nicht nur früher anzusiedelnden Zeitraum technologischer Entwicklung zu öffnen. Bestrebungen auf dem Gebiet der Klang- und Musikhervorbringung mit Hilfe von technologischen Mitteln bzw. Geräten vor 1950 und abseits von Tonstudios, können nun ebenfalls in den Fokus der musikwissenschaftlichen Forschung treten. Eine auch nur ausreichende Information über die Beschaffenheit der verwendeten technologischen Hilfsmittel wird jedoch auch mit dem neuen Terminus nicht gegeben. Vielmehr könnte man das Adjektiv ›akustisch‹ innerhalb dieses Begriffes insofern kritisieren, als jede Musik akustisch und somit der Begriff in sich redundant sei. Allerdings sollte man eben dieses Adjektiv wiederum als Erweiterung auffassen, weg von einer rein durch Elektronenfluss hervorgebrachten Musik, hin zu den unterschiedlichen Klanghervorbringungen, die beispielsweise eine mechanische Schwingung als Ausgangsform verwenden und diese dann erst durch eine Form von Elektronenfluss manipulieren.

Der Begriff ›elektroakustische Musik‹ kann, eben durch die bedeutungserweiternde Verbindung zweier Adjektive als Überbegriff aufgefasst werden. Er kann sowohl über den ästhetischen Programmatiken der ›elektronischen Musik‹, der ›musique concrète‹, der ›tape music‹ oder auch der ›live electronic music‹ stehen, als auch somit einen großen historischen Rahmen eröffnen, der durchaus bis in das ausgehende 19. Jahrhundert hineinreicht. Dabei bleibt er jedoch ein Überbegriff, der je nach Forschungsschwerpunkt einer weiteren Präzisierung bedarf. Neben diesen beiden, in der gegenwärtigen Forschung sich allmählich abzeichnenden Bedeutungsebenen, kann er zusätzlich hinsichtlich des vermehrten technologischen Aufwandes zur Ton- bzw. Klangerzeugung und auch zur Klangmanipulation angewendet werden. Auch in die-

¹⁹ Vgl. zu den vielfältigen Klangerzeugungsmöglichkeiten, ebenda, Sp. 1729 ff.

ser Ebene stellt er lediglich einen Überbegriff dar. In den Darstellungen der ›elektroakustischen Musik‹ ist die Tendenz zu sehen, dass zeitnahe Veröffentlichungen zu diesem Thema, wie oben bereits angedeutet, zunehmend auch die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts, zumindest im Sinne einer Vorentwicklung, miteinbeziehen.²⁰

3) ›Elektrische Musik‹

Ein kurz gehaltener Einblick in die ›elektroakustische Musik‹ des Zeitabschnittes vor 1950 enthüllt einen weiteren Terminus. Zeitgenössische Autoren, Journalisten, Musikwissenschaftler und Künstler verwendeten ab etwa Mitte der 1920er Jahre überwiegend den Terminus ›elektrische Musik‹. Damit sollte auf die Zuhilfenahme von Stromfluss zur – höchst unterschiedlich ausgeprägten – Erzeugung von Tönen und Klängen, also auf die ›Neuartigkeit‹ des Anwendungsgebietes von elektrischem Strom, aufmerksam gemacht werden. In seinem Artikel *Das Problem der ›kommenden Musik‹* verwendete Robert Beyer den Terminus ›elektrisch‹ in Bezug auf Geräte zur Hervorbringung einer von ihm skizzierten zukünftigen Musik.²¹ Dabei sprach er weniger von konkreten Musikinstrumenten, sondern vielmehr von technologischen Innovationen, besonders bezüglich der Rundfunkentwicklung sowie deren möglicher Nutzbarkeit für die Weiterentwicklung der Musik. Ab Mitte der 20er Jahre führten bedeutende Zeitschriften, darunter *Die Musik*, *Die Musikblätter des Anbruch* und *Melos* sogar eine eigene Abteilung mit dem Titel ›Elektrische Musik‹ ein²², wobei darin nicht nur neue technologische Konstruktionen zur Klangerzeugung, sondern vielmehr auch Schallplatten- und Rundfunkmusik diskutiert und kritisiert wurde. Ebenso verwendet auch wenige Jahre später Friedrich Trautwein, der Entwickler und Namensgeber des Trautoniums, den Terminus im Titel seiner Veröffentlichung *Elekt-*

²⁰ Vgl. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*. Elena Ungeheuer (Hrsg.), *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5), Laaber 2002. Bezüglich der englischsprachigen Literatur findet sich diese Tendenz bereits einige Jahre früher. Vgl. Joel Chadabe: *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*. Prentice-Hall N.J. 1997. Jon H. Appleton: *The development and practice of electronic music*, Prentice-Hall N.J. 1975.

²¹ Vgl. Robert Beyer: *Das Problem der ›kommenden Musik‹* in: *Die Musik* 12/XX (1928), S. 861–866.

²² Vgl. Michael Custodis: *Neue Musik am Rand des Musiklebens*, in: Albrecht Riethmüller (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1925–1945*, Laaber 2006 (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 2), S. 145.

rische Musik – nun regelrecht zu einem Schlagwort gesteigert. Darin stellte er seine theoretischen Vorstellungen und technischen Konstruktionen bezüglich des Trautoniums vor.²³ Nur drei Jahre später veröffentlicht Peter Lertes seine Schrift *Elektrische Musik. Eine gemeinverständliche Darstellung ihrer Grundlagen, des heutigen Standes der Technik und ihrer Zukunftsmöglichkeiten*.²⁴ In beiden Fällen bezieht sich der Terminus ›elektrische Musik‹ besonders auf die Anfertigung neuartiger Musikinstrumente, die – aus Sicht ihrer Konstrukteure – in der Lage sein sollten, sämtliche ihrer mechanischen Vorläufer durch eine vielfältigere und spezifischere Steuerungsmöglichkeit bezüglich Lautstärken, Tonhöhen und Klangfarben, überflügeln zu können.²⁵ Der Begriff ›elektrische Musik‹ kann als Ausdruck der Faszination von den damals neuartigen Formen der Musikhervorbringung, beispielsweise mit Hilfe von Grammophonen und schließlich dem Rundfunk sowie der daraus resultierenden technologischen Konstruktionsmöglichkeiten und damit losgelöst von der Handlung des Musizierens, gesehen werden. Darüber hinaus wurden die neuartigen Musikinstrumente stets von herkömmlichen Instrumenten mit diesem Begriff abgegrenzt und als Besonderheit hinsichtlich ihrer jeweiligen musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten ausgewiesen.²⁶ Eine wissenschaftlich-terminologische Reflektion und Anwendung erfuhr er seinerzeit nicht. Ebenso wenig wurden die spezifischen musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten in damaligen wie auch in heutigen musikwissenschaftlichen Untersuchungen als ein die Konstruktionen charakterisierendes Moment herangezogen. Lediglich in Zeitungsberichten beispielsweise von damaligen Präsentationen solcher neuartigen Musikinstrumente wird die klangliche Eigenschaft, jedoch aus journalistisch-berichtender, weniger aus wissenschaftlich-systematischer Perspektive, beschrieben bzw. kritisiert. Der Begriff ›elektrische Musik‹ verschwand aus dem Musikschrifttum nach dem zweiten Weltkrieg rasch wieder, so dass er um 1950 bereits nur noch selten auftritt. Es erscheint somit angebracht, wenn Peter Donhauser in seiner

²³ Vgl. Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik* (= Veröffentlichungen der Rundfunkversuchsstelle bei der Staatlichen akademischen Hochschule für Musik 1), Berlin 1930.

²⁴ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik. Eine gemeinverständliche Darstellung ihrer Grundlagen, des heutigen Standes der Technik und ihrer Zukunftsmöglichkeiten*. Dresden und Leipzig 1933.

²⁵ Vgl. Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 7 f und S. 24 f. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 1 f.

²⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt I.3. *Musikschaffen und Musikforschung um 1900*, S. 28–52 in dieser Untersuchung. Zu den jeweiligen Instrumentenkonstruktionen vgl. den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

Untersuchung *Elektrische Klangmaschinen. Die Pionierzeit in Deutschland und Österreich* diesen Begriff verwendet, verbleibt er damit doch einerseits in einer zeitgenössischen Terminologie und zeigt andererseits bereits im Titel den historischen Rahmen auf.²⁷ Wird jedoch versucht, einen größeren Zeitraum bzw. eine bestimmte Erscheinung präziser zu erfassen, wie es die vorliegende Untersuchung sich zum Ziel setzt, ist der Begriff einer ›elektrischen Musik‹ hinsichtlich der bisher existierenden, der Vergangenheit verhafteten und vielfältigen Verwendungen zu unscharf und besonders aufgrund seines kurzen Anwendungszeitraums, unangebracht. Auch er kann darüber hinaus weder eine problemlösende Bezeichnung der angewandten technologischen Hilfsmittel leisten, noch eine ästhetisch erfassbare Dimension in eine, durch ihn erfolgte, Charakterisierung des Bezeichneten projektieren.

4) Bilanz

Das terminologische Problem besteht neben weiteren Aspekten in einer Dichotomie, die hier bereits mehrfach angedeutet wurde. Sie bezieht sich auf das Bedeutete, die Musik in ihrer ästhetischen Beschaffenheit durch sämtliche Begriffe, die nun übergreifend mit ›elektroakustisch‹ zusammengefasst werden sollen. Dagegen allerdings scheinen die Adjektive ›elektroakustisch‹ und ›elektronisch‹ sich vielmehr auf die Art der Erzeugung der in dieser Musik verwendeten Klänge zu beziehen. Diese Dichotomie zwischen tatsächlich Bezeichnetem und scheinbarer Bedeutung wird besonders evident durch eine Betrachtung der Entwicklungsgeschichte des Begriffes ›elektronische Musik‹ als Bedeutung einer ästhetischen Programmatik, beispielsweise von spezifischen Kompositionsweisen der seriellen, in ihren sämtlichen Dimensionen durchorganisierten Musik. Demgegenüber wird jedoch der technologische Aspekt, der zur Erzeugung und auch zur Komposition des Bedeuteten, sei es Musik oder Geräuschkulisse, höchstens implizit tangiert. Für die vorliegende Untersuchung soll allerdings eben die Bedeutungsebene des technologischen Hintergrundes, die Zuhilfenahme

²⁷ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen. Die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, Wien u.a. 2007.

bisweilen aufwendiger elektrotechnischer Hilfsmittel zur Produktion, Speicherung und Wiedergabe im Fokus des Interesses liegen.

Bei der sich derzeit verbreitenden Verwendung des historiographisch umfassenden Terminus ›elektroakustische Musik‹ sollte die jeweilige technologische Dimension spezifisch erfasst werden, da mit dem erweiterten Zeitrahmen zugleich die Anzahl von oftmals kurzlebigen Möglichkeiten und singulären Versuchen anwendbarer Technologien erweitert wird. Immerhin kann nun der Aspekt, der dieser Musik ihren Terminus verleiht, in den Mittelpunkt der Überlegungen rücken: der Aspekt der technologischen, im Speziellen der elektrotechnischen Beeinflussungsmöglichkeiten von Klängen. Als Kehrseite fordert die Verwendung dieses Terminus allerdings eine jeweils spezifische Fassung des zu betrachtenden ›Objektes‹, sei es eine spezielle Form der ästhetischen Programmatik, die beispielsweise genauer bezeichnet werden könnte mit ›musique concrète‹ und ›tape music‹, oder sei es eine technische Vorrichtung zur Klangerzeugung, wie ›Schwingungsgenerator‹ oder ›Lautsprecher‹. Damit führt der Terminus aus dem Bereich der Musik, im Sinne einer rein ästhetischen Erscheinungsform, heraus und in den Bereich der zur Hervorbringung einer solchen Musik benötigten technischen Hilfsmittel bzw. Konstruktionen hinein. Die Bezeichnung ›Konstruktion‹ soll zunächst tatsächlich für jegliche technische Vorrichtung gelten, die es ermöglicht, akustische Ereignisse wiederzugeben. Damit sei die bereits angedeutete, um 1900 erblühende Vielfalt allein an Musikkwiedergabemöglichkeiten ins Gedächtnis gerufen.

In Verbindung mit dem altmodischen Begriff der ›elektrischen Musik‹ wurden bereits zwei Konstruktionen genannt: das Theremin wie auch das Sphärophon, bezüglich des Begriffes der ›elektronischen Musik‹ und den Publikationen Herbert Eimerts auch bereits das Ondes Martenot. Das Trautonium, das im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung stehen wird, gehört ebenfalls zu den Konstruktionen, die Jahrzehnte vor 1950 entwickelt wurden, jedoch mit dem Beginn der ›elektronischen Musik‹ um das *Kölner Studio* zunächst wieder aus dem Blickfeld der musikwissenschaftlichen Forschung gerieten. Wie oben bereits erwähnt wird heute überwiegend noch das Jahr 1953 als ›Geburtsstunde der elektronischen Musik‹ bezeichnet. Die Ereignisse vor diesem Jahr werden dabei höchstens als ›erste Schritte‹ hin zu einer, im Studio reali-

sierten, Musik genannt.²⁸ Bei näherer Betrachtung wird jedoch die Tatsache evident, dass bereits in den 1920er und 1930er Jahren zahlreiche Präsentationen neuer Gerätschaften nicht nur in der Tagespresse erwähnt, sondern auch in Fachzeitschriften diskutiert wurden.²⁹ Dabei handelte es sich sowohl um Konstruktionen zur bloßen Wiedergabe oder auch Übertragung von Musik, wie sie durch Grammophone oder dem Rundfunk geleistet wurden. Daneben entstanden allerdings auch neuartige Vorrichtungen zur Ton- und Klangerzeugung. Zahlreiche technologische Aspekte und daraus resultierende Visionen und Ideen begründeten das Interesse von Laien wie Experten an neuartigen Konstruktionen und damit deren facettenreiches Entstehen.³⁰

Man begegnet heute noch so erstaunlichen Konzepten, wie Thaddeus Cahills Telharmonium, oder Lev Termens Theremin sowie unzähligen weiteren Konstruktionen und Vorrichtungen.³¹ Deren Auftreten verdeutlicht die Überschreitung scheinbar klar gezogener Grenzen der Musikgeschichtsschreibung, wie auch der musikwissenschaftlichen Terminologie. Die Liste von Instrumenten und Geräten, die in das Feld der ›elektroakustischen Musik‹ fallen, ist überraschend vielfältig und reicht erstaunlich weit in die Vergangenheit hinein, wie bereits der kurze Abschnitt ›Elektrische Klaviere‹ aus Curt Sachs' *Handbuch der Musikinstrumentenkunde* ersichtlich macht, worin er festhält: »Versuche elektromagnetischer Erregung, also schnellstens wechselnder Anziehung und Abstoßung der Klaviersaiten werden seit fast zweihundert Jahren angestellt, nachdem der mährische Prediger PROKOP DIVIŠ mit seinem *Denis d'or* 1730 den Anfang gemacht hat. Keinem war bisher Erfolg beschieden...«. ³² Besonders

²⁸ Vgl. hierzu Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts* (= Neues Handbuch für Musikwissenschaft 7), Laaber 1984. Darin den Abschnitt *Elektronische und Konkrete Musik*, S. 315–327. Darüber hinaus vgl. Joachim Stange-Elbe: *Das andere Musikinstrument. Von elektrischen Spielinstrumenten zum Synthesizer*, in: Elena Ungeheuer (Hrsg.), *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5), Laaber 2002, S. 263–282. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*.

²⁹ Vgl. besonders bezüglich der Berichterstattung in der Tagespresse die jeweiligen ausführlichen Abschnitte in Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*. Darüber hinaus vgl. Elena Ungeheuer (Hrsg.): *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5); sowie exemplarisch die speziell den neuen Musiktechnologien gewidmete Ausgabe der Zeitschrift *Musik und Maschine, Sonderheft der Musikblätter des Anbruch* 8-9/IIIX (1926).

³⁰ Zur Vielfalt elektrischer bzw. elektronischer Musikinstrumente vgl. Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, in: *Computer Music Journal* 20/3 (1996), S. 20–23.

³¹ Vgl. zu weiteren Erläuterungen über diese Instrumente den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

³² Curt Sachs: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde*, Leipzig ²1930 (= Kleine Handbücher der Musikgeschichte nach Gattungen 12), Wiesbaden 1974, S. 158.

das Beispiel des Denis d'or innerhalb einer Aufzählung sogenannter ›elektrischer Klaviere‹ muss die Frage nach der konkreten Beschaffenheit einer Entwicklung der ›elektroakustischen Musik‹ mitsamt ihren Geräten bereits vor 1900, sowohl im Sinne von Musikinstrumenten wie auch weiterer Hilfsgeräte, aufwerfen.

Stellt man also die Frage, wann zum ersten Male Musik mit ›elektroakustischen‹ Vorrichtungen erzeugt wurde, sieht man sich vor einem doppelten Problem. Sowohl das Adjektiv ›elektroakustisch‹, als auch das Substantiv ›Musik‹ müssen jeweils nach den entsprechenden Forschungszielen erfasst werden, andernfalls könnte diese Frage verschiedenartig beantwortet werden. Mit der Nennung des Denis d'or scheint beispielsweise ein möglicher Anfang gegeben zu sein, der zudem mehrfach belegt ist. Inwiefern dieses Instrument jedoch gelten darf, um den Anfang elektroakustischer Musikerzeugung zu setzen, scheint wiederum recht fragwürdig, als es sich um ein Kuriosum handelt, dem noch kein beständiger Gebrauch derartiger Vorrichtungen folgte.³³ Aus einer anderen Perspektive heraus könnte man argumentieren, dass der »...Mathematiker, Musiktheoretiker und Komponist Joseph Schillinger [...] im Jahre 1929 eine Airophonic Suite für RCA Theremin und Orchester...« komponierte.³⁴ Es wären sowohl eine Konstruktion als Indiz für die Möglichkeit zur Hervorbringung, als auch eine Komposition, einem ersten künstlerischen Werk, für ›elektroakustische Musik‹ aufgezeigt. Dies würde besonders für eine wort-wörtliche Auslegung des Adjektivs ›elektroakustisch‹, also einer Musik sowohl mit herkömmlichen mechanisch-akustischen als auch mit Hilfe von elektrotechnischen Vorrichtungen hervorgebrachten Klängen gelten können. Eben eine solche Mischform innerhalb eines Stückes wird in der gegenwärtigen Musikforschung jedoch, wie oben bereits erwähnt, üblicherweise mit dem Begriff der ›Live-Elektronik‹ bezeichnet, womit wiederum scheinbar offensichtliche Tatsachen und die Terminologie sich als problematisch erweisen, sobald man sich an Details dieses Forschungsgebietes annähert.³⁵

Bezüglich der Anfänge der Hervorbringung einer ›elektronischen Musik‹ werden durch das erweiterte Verständnis des Begriffes ›elektroakustischer Musik‹ die Anfänge weiter in der Vergangenheit liegend dargestellt und unschärfer gefasst. So wird bei-

³³ Vgl. zu näheren Ausführungen über das Denis d'or vgl. Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik - Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

³⁴ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1732.

³⁵ Vgl. ebenda, Sp. 1750.

spielsweise der sog. ›Singende Lichtbogen‹ von 1899, als »...erstes rein elektronisches Musikinstrument im eigentlichen Sinne des Wortes...«³⁶ bezeichnet. Immerhin scheint eine gewisse Zahl solcher Geräte und Konstruktionen wenigstens hinsichtlich ihres zeitlichen Auftretens präzise erfasst zu werden, somit auch als Zeugen gelten zu können. Eine ›elektroakustische Musik‹ allerdings gab es aufgrund einer elektrotechnischen Ton- oder Klangerzeugung noch nicht zwingend, wie überhaupt die Frage nach einer solchen ›Musik‹ aber auch ihrer Realisierung mit Hilfe der vielfältigen technologischen Hervorbringungsmöglichkeiten nur schwer und von den jeweiligen Forschungsinteressen und –perspektiven abhängig zu beantworten ist.

Was genau soll eine ›elektroakustische Musik‹ definieren? Soll es sich dabei um ein Repertoire handeln, das auf rein elektrotechnischem Wege hervorgebracht wird, vielleicht sogar auf einem solchen Wege komponiert wurde? Oder darf es – in einer erweiterten Begriffsbedeutung – als Sammlung von Kompositionen gesehen werden, die vielleicht nur für eine, wie auch immer geartete, elektroakustische Hervorbringungsweise eingerichtet, also arrangiert wurde? In den unterschiedlichen Erscheinungsformen der ›elektroakustischen Musik‹ ab etwa 1950 wird zumindest scheinbar auch die technologische Ebene, die dieser Art von Musik ja immerhin ihren Terminus geprägt hat, mit in die Bezeichnung einbezogen. So beispielsweise bei der Bezeichnung ›tape music‹. Allerdings wird in diesem Falle das klangliche Ergebnis nicht bezeichnet und darüber hinaus werden Tonbänder, also ›tapes‹, ebenso bei der ›musique concrète‹, wie auch bei der ›elektronischen Musik‹ des Kölner und anderer Studios verwendet.

Sämtliche solcher Fragen führen in ein dichter werdendes Gestrüpp aus Begrifflichkeiten und Ideenfeldern, deren Entwirrung nur die spezifische Zielsetzung und Herangehensweise einer jeweiligen Untersuchung erfüllen kann. Die besondere Schwierigkeit liegt dabei in der Interdisziplinarität solcher Untersuchungen. Neben musikhistorischen Kenntnissen und dem Interesse einer durch Forschung und Publikum zwar anerkannten, aber nach wie vor sehr speziellen Nische der ›Neuen Musik‹, werden außermusikalische Felder wie die der Akustik und der Elektrotechnik in tiefgehender Weise beansprucht.

³⁶ Ebenda, Sp. 1728.

Dies wird verdeutlicht, wenn man die verschiedenen Termini zur Bezeichnung dessen, was in der gegenwärtigen Forschung als ›elektroakustische Musik‹ bezeichnet wird, auf ihre Wurzeln hin verfolgt und führt von dem Feld der Musik hinein in das Feld der technischen Konstruktionen, die wiederum nur in einem erweiterten Sinne als Musikinstrumente zu betrachten sind, wie beispielsweise der ›Singende Lichtbogen‹. Werner Meyer-Eppler beschreibt rückblickend in seinem Buch *Elektrische Klangerzeugung. Elektronische Musik und synthetische Sprache* verschiedene Verfahren zur Klangerzeugung mit elektrotechnischen Mitteln. Dabei grenzt er elektrische, also durch einfachen Stromfluss angetriebene, Instrumente aus, möglicherweise aus einer teleologischen Entwicklungsperspektive heraus. Stromfluss lediglich als Antriebskraft für mechanische Vorrichtungen zu verwenden, fällt nicht in sein Interessensgebiet des tatsächlichen Potentials elektrotechnischer Konstruktionen von Musikinstrumenten.³⁷ Bereits mehr als 25 Jahre früher differenzierte Lertes ebenfalls zwischen ›elektromechanischen‹ und ›elektrischen‹ Instrumenten, wobei bei ersteren »...die ursprüngliche Art der Tonerzeugung durch Saiten, die auf mechanischem Wege in Schwingung versetzt werden...«³⁸ beibehalten wird. Im Gegensatz dazu werden die Töne bzw. Klänge in letzterer Gruppe »...durch die schwingenden Bewegungen der Elektronen...«³⁹ hervorgebracht.

Die gegenwärtige Forschung, die mit dem Terminus ›elektroakustische Musik‹ arbeitet, bezieht solche Konstruktionen, im überwiegenden Gegensatz zu Untersuchungen zur ›elektronischen Musik‹ ab 1953, in das Forschungsfeld mit ein. Bisherige Untersuchungen zur frühen Geschichte ›elektroakustischer Musik‹ stellen insofern noch ein lediglich wenig erforschtes Feld der gesamten Musikgeschichte bzw. der Musikwissenschaft dar, da sich mit dem musikhistorischen Abschnitt der Moderne, wie er von Carl Dahlhaus betitelt und eingegrenzt wurde, eine Vielzahl an betrachtungswürdigen Neuheiten ereignen.⁴⁰

³⁷ Vgl. Werner Meyer-Eppler: *Elektrische Klangerzeugung: Elektronische Musik und synthetische Sprache*, Bonn 1949.

³⁸ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 2.

³⁹ Ebenda.

⁴⁰ Vgl. Carl Dahlhaus: *Die Musik des 19. Jahrhunderts* (= Neues Handbuch der Musikwissenschaft 6), Wiesbaden 1980, S. 277 ff.

Bei der Untersuchung der ›elektroakustischen Musik‹ vor der ›elektronischen Musik‹ stellt sich dem Forschenden eine Vielzahl noch offener, jedoch grundsätzlich relevanter Fragen. Dies spiegelt sich in den bisherigen Publikationen zu diesem Gebiet wieder. Das Beispiel Donhausers stellt den Fall einer technologiegeschichtlich motivierten Perspektive auf die Instrumentenkonstruktionen eines geographisch wie historisch eingegrenzten Raumes dar. André Ruschkowskis Veröffentlichung zielt wiederum auf die Zeit und technischen Produktionsarten nach 1953 ab, wobei er die frühen Instrumentenkonstruktionen lediglich als erste Experimente darstellt, denen er wegberreitenden Charakter zuerkennt. Einen umfangreicheren Versuch unternimmt das *Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert*, dessen fünfter Band der ›elektroakustischen Musik‹ gewidmet ist, wobei auch hier der Schwerpunkt auf den verschiedenen Arten ›elektroakustischer Musik‹ nach 1950 gelegt wurde. Die Zeit von etwa 1900 bis zum Ausbruch des zweiten Weltkrieges wird besonders anhand ausgewählter Beispiele von Instrumentenkonstruktionen beschrieben. Im zweiten Band des Handbuches wird der in der deutschsprachigen Musikwissenschaft beinahe einzige Versuch unternommen, die Entwicklungen neuer Musiktechnologien, Aufnahme- und Wiedergabe- sowie Abspielmöglichkeiten hinsichtlich ihrer soziologischen und musikästhetischen Auswirkungen zumindest zu skizzieren. Für die gegenwärtige Musikforschung symptomatisch ist allerdings die Kontextualisierung eines solchen Forschungsbeitrages innerhalb historischen Entwicklungen, statt den systematischen Bezug zu den damals so zahlreich stattfindenden Versuchen elektroakustischer Klangerzeugung herzustellen. Die beiden erwähnten Veröffentlichungen von Lertes und Meyer-Eppler stellen Kompendien des technologischen Entwicklungsstandes der jeweiligen Zeit dar, wurden also aus der Perspektive von Ingenieuren verfasst, die den jeweiligen Schwerpunkt ihrer Arbeiten auf die elektrotechnische Erzeugung von Tönen und besonders von Klangfarben legten. Ebenfalls aus der Feder eines Ingenieurs stammt Friedrich Trautweins Publikation, die lediglich insofern einen Spezialfall innerhalb der hier genannten Veröffentlichungen darstellt, als dass es sich um eine institutionell verankerte Monographie handelt. Sie wurde durch die Rundfunkversuchsstelle veröffentlicht, die der damaligen Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg (der heutigen Universität der Künste) angegliedert war. Der erwähnte Artikel Robert Beyers ist eine der wenigen Quellen zum Denken über ›elektroakustische Musik‹ vor 1950, die aus der Fe-

der eines Komponisten selbst stammt. Darüber hinaus wird diese Quelle abermals interessanter, da ihr Urheber später im *Kölner Studio für elektronische Musik*, unter der Leitung Herbert Eimerts, mitgewirkt hat.

Zwar liegen einige neuere Forschungsarbeiten zum Thema ›Musik und Technik‹ vor, sie beschränken sich jedoch, wie auch die Forschung zur ›elektroakustischen Musik‹, überwiegend auf die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts und bilden dabei häufig einen Schwerpunkt auf der sog. Computermusik. Dass aber einerseits auf dem Gebiet der elektrotechnisch bewerkstelligten Erzeugung beliebiger Klänge bereits vor 1950 Entscheidendes nicht nur erforscht, sondern realisiert werden konnte, wird dabei, wenn überhaupt, lediglich einführend erwähnt. Dass andererseits die ›elektroakustische Musik‹ nach 1950 zum größten Teil – anfänglich so gut wie ausschließlich – auf ein und dasselbe technische Hilfsmittel, die Rundfunktechnik, zurückgreift und damit alle ihre unterschiedlichen Ausprägungen in einem verbindenden Element sich treffen, stellte bisher noch keinen Fokus einer Untersuchung dar. Dieses Moment lenkt die Aufmerksamkeit allerdings auf einen wichtigen Aspekt ›elektroakustischer Musik‹, nämlich – neben elektrotechnischer Möglichkeiten der Klangerzeugung – den radikal neuartig möglichen Umgang mit klanglichen Ereignissen durch Medien zur Klangspeicherung und Klangübermittlung.

2. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Bereits die Zeit um 1900 zeichnet sich durch die Blüte neuartiger Technologien aus, die innerhalb kurzer Zeit eine gesellschaftliche Breitenwirkung entfalten konnten, da sie in industriellen Maßstäben produziert sowie vermarktet wurden und nicht nur das alltägliche Leben beeinflussten. Rasch wurden auch Expertenkreise, Komponisten, Berufsmusiker und Musikforscher von diesem technologischen Wandel erfasst. Des Weiteren forderten die neuen Technologien das Interesse zahlreicher Laien und Bastler heraus, die auf anderen Gebieten, beispielsweise dem noch jungen Zweig der Elektrotechnik, ausgebildet waren und verschiedenartige kreative Konstruktionen unter anderem auch zur Musikhervorbringung verfertigten. Diese Konstruktionen waren und sind trotz ihrer häufigen Kurzlebigkeit, wie auch ihres meist sehr geringen Grades an Bekanntheit, durchaus von wissenschaftlichem Interesse, da sie neue Potenziale eröffneten, die oftmals erst Jahrzehnte später erkannt und in großem Maßstab genutzt werden konnten.

Wie aus den obigen Abschnitt der *Terminologischen Überlegungen* hervorgeht, entstand rasch eine Kultur der Benennung von derjenigen Musik, die mit Hilfe der neuen technischen Einrichtungen, wie den Rundfunkstudios, hervorgebracht wurde. Dafür war stets die Verwendung von Elektrizität und elektrotechnischer Gerätschaften vorausgesetzt, die Bezeichnungen bedeuteten hingegen überwiegend ästhetische Konzepte. Somit wurde der wissenschaftliche Blick bezüglich dieser Grundbedingungen abgelenkt, wodurch die ästhetischen Konzepte sich überhaupt erst in den musikalischen Kunstwerken manifestieren konnten. Es handelt sich dabei um die technischen Hilfsgeräte, die nicht allein zur Verbreitung und Verwahrung von Musik, sondern auch zu ihrer Produktion, im weitesten Sinne des Wortes aufgefasst, verwendet wurden. Neben den Tonstudios von Rundfunkinstitutionen fanden die bereits einige Jahrzehnte früher entstandenen Musikinstrumente vergleichsweise wenig Beachtung. Ihr Auftreten im Gesamtrepertoire von Instrumenten gibt jedoch Anlass zur Hinterfragung von Wandlungen, die sich nicht allein im Instrumentenbau des 19. Jahrhunderts vollzogen hatten.

Damit ist eine facettenreiche Problemstellung eröffnet. In einer Untersuchung der ›elektroakustischen Musik‹ vor 1950 wird ein Spezialgebiet betreten, dass lediglich

wenig dokumentiert ist, da es sich um oftmals abseits wissenschaftlicher oder gar akademischer Strukturen entstandener Ideen und deren Realisierungen handelt. Darüber hinaus steht man der Frage historiographischer Eingrenzung gegenüber. Wird nun »elektroakustisch« auf die zur Hervorbringung von Musik nötige Technologie bezogen, eröffnet sich wiederum ein Feld, in dem Musikinstrumente, die Stromfluss nicht allein als Antriebskraft, sondern zur eigentlichen Ton- bzw. Klangerzeugung verwenden, lediglich einen Komplex unter vielen darstellen. Das Auftreten derartiger Konstruktionen kann nicht erhellend betrachtet werden, ohne die dafür als fruchtbar erscheinenden Momente neuer Möglichkeiten zur Hervorbringung von Musik zumindest cursorisch aufzuzeigen.

Der erste Teil dieser Untersuchung soll als *Grundlagen* zunächst das Musikschaffen sowie die Musikforschung in den Mittelpunkt stellen, anhand derer aufgezeigt werden kann, wie technische Vorrichtungen die professionelle Ebene der Musikkultur zunehmend durchdringen. Daraufhin folgt ein Überblick bezüglich der neuartigen Handhabbarkeit der Musik, wie sie durch aufkommende technische Gerätschaften bewerkstelligt wurde. Funktionale Aspekte stehen dabei besonders im Fokus des Interesses sowie deren doppelt, mechanisch wie auch elektrifiziert, bewältigte Umsetzung. Die durch neue Funktionalität sich eröffnenden Zugangsweisen stellen aus technologischer Perspektive den Rahmen der Strömungen dar, die im Musikinstrumentenbau schließlich zum Aufkommen der Gruppe derartiger Musikinstrumente führten, die Elektrizität nicht mehr allein als bloße Antriebskraft verwendeten. Somit ist zugleich auch der zeitliche Rahmen der *Grundlagen* gespannt, der etwa von 1880 bis 1930 reichen soll. Er ergibt sich für den ersten Teil der vorliegenden Untersuchung aus der erstmaligen erfolgreichen originalgetreuen Aufzeichnung und Wiedergabe akustischer Ereignisse durch Thomas Alva Edison zu Beginn. Den Abschluss des zeitlichen Rahmens bildet die erstmalige öffentliche Vorstellung des Trautoniums an der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg.

Nach der Erschließung des historisch-technologischen Rahmens gilt es, bezüglich neuartiger Konstruktionen von Musikinstrumenten innovative Aspekte zu charakterisieren, um das quantitative wie qualitative Wachstum fassen zu können, wie es über das 19. Jahrhundert hinweg zu beobachten ist. Der zweite Teil *Technologietransfer im*

Musikinstrumentenbau wird damit das Moment technologischer Umsetzung von zunehmend mehr funktionalen und schließlich auch musikalischen Eigenschaften in derartigen Konstruktionen gegenüber herkömmlichen Instrumenten in schrittweiser Annäherung an elektrotechnische Klangerzeugung verdeutlichen. Zunächst wird anhand der Diskussion organographischer Systematiken die Problematik aufgezeigt, die derartige Instrumentenkonstruktionen hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Erfassung bis in die Gegenwart aufwerfen. Aus dieser Problematik heraus können grundsätzliche Schritte zur Ableitung eines Betrachtungsmodells erfolgen, das die Entstehung derartiger Instrumente verständlich werden lassen soll. Diese zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Musikinstrumenten durch den Einsatz elektrotechnischer Vorrichtungen und Konstruktionen für die Hervorbringung charakteristischer musikalischer Möglichkeiten aus. Auch dabei werden folglich die angewandten Technologien und deren funktionale Aufgaben im Mittelpunkt des Interesses stehen. Erst im Anschluss der Schaffung eines an den facettenreichen technologischen Entwicklungen orientierten Kontextes kann ein Überblick über die unterschiedlichen, dem technischen Fortschritt so eng verbundenen Instrumentenkonstruktionen vollzogen werden, wobei nach Möglichkeit deren jeweils spezifische Konzeptionen und die damit verbundenen musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten mit einbezogen werden sollen.

Die im zweiten Teil der vorliegenden Untersuchung entwickelten Kriterien sollen anschließend detailliert angewandt werden. Die Frage nach dem Potenzial einer neuen Instrumentenkonstruktion, wie sie das Trautonium darstellt, fordert nicht nur eine präzise Analyse ihrer technischen Beschaffenheit und materiellen Realisierung, wie sie im dritten Teil *Das Trautonium: Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte* ausgeführt wird. Die Vielzahl an zeitnah erfolgten Konstruktionen ermöglicht und erfordert zugleich auch eine Abgrenzung sowie einen Vergleich zur Hervorhebung qualitativer Unterschiede hinsichtlich ihrer Konzeption als Musikinstrumente. Die Rechercharbeiten, die bezüglich dieser Untersuchung am Nachlass Oskar Salas im Deutschen Museum München und dem Archiv der Universität der Künste Berlin durchgeführt wurden, erschlossen zudem einige bislang unbeschriebene Details über die Entwicklungsgeschichte der unterschiedlichen Trautoniummodelle. Dabei werden die Arbeiten Salas bis zur Begründung seines eigenen Tonstudios im Jahre 1958 verfolgt.

3. Musikschaffen und Musikforschung um 1900

Das Auftreten von Musikinstrumenten, die auf unterschiedlichste Art Stromfluss zur Hervorbringung von Tönen benötigen, erstreckt sich über einen weiten Zeitraum, der deutlich in das 19. Jahrhundert zurückreicht. Erste Instrumente, die zwar Strom, jedoch keinen tatsächlichen Stromfluss benötigen, nämlich mit Hilfe der Elektrostatik arbeiten, wie das Denis d'or oder das Clavecin électrique des Jesuitenpaters Jean Baptist Delabordes, sind gar in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurück zu datieren.⁴¹ Dürfen diese beiden Versuche jedoch als Kuriosa ihrer Zeit angesehen werden, in der mit elektrostatischen Versuchen unterschiedlichster Art experimentiert wurde, so häufen sich ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunehmend Experimente, die sich der neuen Form verfügbarer Energie, dem fließenden Strom, bedienen konnten. Ab dem 20. Jahrhundert explodierte die Zahl solcherlei Experimente, die zunehmend in Konstruktionen neuartiger Geräte und Musikinstrumente mündeten. Zumeist mussten die Konstruktionen allerdings ein kurzlebiges, häufig auch unbeachtetes Dasein als Kuriositäten fristen.⁴² Erste Patentanmeldungen, anhand derer aus historiographischer Perspektive für das musikgeschichtliche Themenfeld im vorliegenden Abschnitt eine imaginäre Grenze gezogen werden soll, fallen in die Mitte der 1880er Jahre und damit annähernd zusammen mit dem Beginn der Epoche, die in der Musikgeschichte als ›Moderne‹ betitelt wird.⁴³

Ideelle, wie auch materielle und gesellschaftliche Neuerungen in Europa bildeten einen fruchtbaren Nährboden, auf dem zahlreiche Ideen hinsichtlich der Konstruktionen neuartiger Musikinstrumente gedeihen konnten. »Die musikalische Moderne hat die weit fortgeschrittene allgemeine Modernisierung der Lebensverhältnisse – Auflösung der traditionellen Schichtung der Gesellschaft als Folge der Aufklärung, der In-

⁴¹ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1724. Darüber hinaus Hugh Davies: Art. *Denis d'or* sowie *Clavecin électrique*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *The New Grove. Dictionary of Musical Instruments*, Bd. 1, London 1987, S. 556 sowie S. 414 f. Ebenso finden sich Beschreibungen dieser beiden Instrumente bei Curt Sachs: *Real-Lexicon der Musikinstrumente. Zugleich Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet*, Nachdruck der Ausgabe Berlin 1913, Hildesheim 1962, S. 108 sowie S. 87.

⁴² Vgl. Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 20–23.

⁴³ Vgl. Rudolf Stephan: Art. *Moderne*, in: Ludwig Finscher u.a. (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil Bd. 6, Kassel u.a. 1997, Sp. 392 – 397. Leon Botstein: Art. *Modernism*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 16, London 2001, S. 868–875. Carl Dahlhaus: *Die Musik des 19. Jahrhunderts*, S. 277–327.

dustrialisierung und Verstädterung – zur Voraussetzung.«⁴⁴ Das private und öffentliche Leben wurde in dieser Zeit von einem, zumindest scheinbar sich stetig beschleunigenden und wandelnden, Fluss von Neuerungen und Fortschritt ergriffen, der es durch wissenschaftliche und technologische Errungenschaften immer wieder auf neuartige Weise beeinflusste. Die Steigerung dieser Form einer Durchrationalisierung im Sinne einer Verwissenschaftlichung, zunächst der wirtschaftlichen Gesellschaftsbereiche, ging auch auf die Bereiche der Natur- und Geisteswissenschaften sowie der Künste über. »Die musikalische Moderne ist getragen von der Idee des Fortschritts, der sich sowohl extern (im Musikbetrieb) als auch intern, in den Werken selbst (etwa durch Vermehrung und Steigerung der aufgewendeten Kunstmittel) realisieren soll.«⁴⁵ Die ›Steigerung der aufgewendeten Kunstmittel‹ in Form einer chronologisch sich steigernden Komplexität kompositorischer Konzepte und Ausgestaltungen ist exemplarisch an den Symphonien Gustav Mahlers abzulesen. Das Element des ›Externen‹ richtet in obigem Zitat das Augenmerk wiederum auf die zahlreichen, um die Jahrhundertwende erblühenden, wirtschaftlich orientierten Zweige der später so genannten Musikindustrie, die zu den herkömmlichen Aufführungs- und Verbreitungsmöglichkeiten von Musik einen neuen Weg aufzeigten, der nach dem Zusammenbruch des Deutschen Kaiserreiches 1918 schließlich zu einer neuen Kulturpolitik führen sollte. Mit diesem neuen Zweig sind weitere Einflüsse verbunden, beispielsweise juristische Faktoren der »...Verrechtlichung und Kommerzialisierung...«, die eine Regelung der Betriebe, aber auch eine wirtschaftliche Absicherung der Künstler bzw. Musiker gewährleisten sollte.⁴⁶

Im Zuge einer Verwissenschaftlichung der Künste entfaltete sich eine zunehmende Institutionalisierung der Forschung, wofür die vermehrte Einrichtung entsprechender Lehrstühle für neuartige Disziplinen an Universitäten, aber auch privat betriebenen Forschungen einzelner Personen klare Indikatoren sind.⁴⁷ Gründungen von Gesellschaften, die sich explizit der Forschungsarbeit über Musik widmen wollten, wie beispielsweise die *Gesellschaft für Musikforschung*, sowie das Erscheinen von Zeitschrif-

⁴⁴ Rudolf Stephan: Art. *Moderne*, Sp. 395 f.

⁴⁵ Ebenda, Sp. 394.

⁴⁶ Vgl. ebenda, Sp. 396.

⁴⁷ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Entfaltung relevanter Wissenschaften und Technologien im 19. Jahrhundert*, S. 148–178 in dieser Untersuchung.

ten, wie der *Vierteljahresschrift für Musikwissenschaft*, markierten exemplarisch die gefestigte Verankerung dieser Disziplin innerhalb universitärer Ausbildung.⁴⁸ In der ersten Ausgabe der *Vierteljahresschrift* bettet Guido Adler die Disziplin der Musikwissenschaft in ihrer Zweiteiligkeit aus historischer und systematischer Musikwissenschaft ein in zahlreiche weitere universitäre Disziplinen, sowohl der Geistes-, wie auch der Naturwissenschaften, die in seiner Graphik als ›Hilfswissenschaften‹ bezeichnet sind.⁴⁹ Der zunehmende Einfluss von Wissenschaften auf die Musik zum Ausgang des 19. Jahrhunderts ist vom heutigen Standpunkt gesehen kein Novum der Kulturgeschichte, zählte doch im Mittelalter Musik und Musiktheorie zu den mathematischen Wissenschaften. Guido Adler erwähnt diese frühere Beziehung »...der scientia musica zwischen Arithmetik, Geometrie und Astronomie...«⁵⁰, allerdings ohne sie näher zu charakterisieren. Über das 19. Jahrhundert hin wandelte sich diese Beziehung und die Verbindung von wissenschaftlichen (Hilfs-) Disziplinen und Musik wurde auf neuartige Weise einflussreich und eröffnete dem theoretischen und künstlerischen Denken über Musik neue Dimensionen.

»Nicht nur die Szientifizierung führt[e] zu einer (freilich langsamen) Veränderung des musikalischen Bewußtseins, sondern auch das Bekanntwerden außereuropäischer Musik...«⁵¹ öffnete das Bewusstsein der Künstler zu Erweiterung und Diversifizierung ihres Schaffens. Im Zuge der Industrialisierung, die mit Hilfe einer Technologisierung von Produktionsprozessen vollzogen werden konnte, bildete sich die Infrastruktur für das Transportsystem sowohl der Eisenbahn, als auch der Dampfschiffahrt heraus. Beide zusammengenommen fügten sich, besonders in den großen Kolonialreichen Großbritanniens und Frankreichs, zu einem globalen Netzwerk zusammen, in dem Europa durch technologischen Vorsprung die zentrale Rolle einnahm. Der dadurch evozierte Eurozentrismus erfuhr am Ende des 19. Jahrhunderts durch die Institution der Weltausstellungen hinsichtlich des musikalischen Schaffens mancher Komponisten erste Erweiterungen. Dabei wurden die bereits bestehenden Er-

⁴⁸ Vgl. Rudolf Stephan: Art. *Moderne*. Darüber hinaus vgl. Rainer Cadenbach u.a.: Art. *Musikwissenschaft*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil Bd. 6, Kassel u.a. 1997, Sp. 1801 f.

⁴⁹ Vgl. Guido Adler: *Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft* in: *Vierteljahresschrift für Musikwissenschaft*, Nachdruck der Originalausgabe von 1885, Hildesheim 1966, S. 16 f.

⁵⁰ Guido Adler: *Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft*, S. 5.

⁵¹ Rudolf Stephan: Art. *Moderne*, Sp. 396.

scheinungen des Exotismus sowie Folklorismus, die seit mehreren Jahrhunderten als Tendenzen in der Musikgeschichte erblüht waren und stete Modeerscheinungen auch in anderen Gebieten der Kunst darstellten, auf neuartige Weise angeregt und von der Strömung der Zeit erfasst.

Die zunehmende Technologisierung barg neben der Hervorbringung neuartiger Infrastrukturen auch neuartige Kommunikationsformen. Neben der Möglichkeit zur Aufzeichnung und Speicherung von Sprache bzw. Klängen, zunächst durch den Edison-Phonograph, kamen zu Beginn des 20. Jahrhunderts besonders durch zwei neue Medien auch Möglichkeiten zur ständigen Wiedergabe, einer regelrechten Berieselung durch Musik. Zunächst wurde die Klangspeicherung der Edison-Walze durch diejenige auf Schallplatte überholt, deren nachhaltigere Speichermöglichkeit sowie einfaches Abspielen mit einem Grammophon eine große Verbreitung in der Bevölkerung ermöglichte. Des Weiteren wurde, besonders nach 1918 die Funktechnik allmählich zum Rundfunk mit seinem prinzipiell öffentlich zugänglichen Programm erweitert. Diese beiden neuartigen Medien zogen darüber hinaus eine zunehmende Durchdringung musikalischen Schaffens durch neuartige Institutionen aber auch juristische Vorgaben nach sich. Neben der Entstehung unterschiedlich ausgeprägter Musikbetriebe sowie Vorläufer der gegenwärtigen Musikindustrie und der zunehmend sich verdichtenden Verwebung dieser in das gesellschaftliche Leben, entstand zum einen das »...Phänomen einer musikalischen Massenkultur, die von der klassisch-romantischen Erbschaft zehrt...«, deren Aufkommen »...um so seltsamer [ist], als von analogen Entwicklungen in der Literatur und der Bildenden Kunst nicht die Rede sein kann.«⁵² Zum anderen entstanden aber auch eine Vielzahl unterschiedlicher, mehr und mehr von einzelnen Individuen geprägte Kompositionsstile bzw. -techniken, so dass bereits zeitgenössische Musikschriftsteller und -wissenschaftler eine begriffliche Vielfalt zur Bezeichnung des künstlerischen Schaffens hervorbrachten. Phänomenologisch belegt diese Tatsache – abgesehen von der terminologischen Problematik, die mit der Entlehnung der meisten Bezeichnungen aus der Literatur und den Bildenden

⁵² Carl Dahlhaus: *Die Musik des 19. Jahrhunderts*, S. 278.

Künsten einhergeht – die gleichzeitige Existenz einer bis dahin noch ungekannten Zahl unterschiedlicher Musikstile.⁵³

Noch aus heutiger Perspektive ist die Benennung dieser Epoche problematisch, obwohl es an Versuchen seit der damaligen Zeit nicht mangelt. Im folgenden Abschnitt soll jedoch keine Lösung dieses Problems, als vielmehr eine Bestandsaufnahme versucht werden. Sie soll den geistigen, wissenschaftlichen und technologischen Nährboden erhellen, aufgrund dessen die Entstehung unterschiedlicher Instrumente im Allgemeinen und des Trautoniums im Speziellen dargestellt werden kann. Dass überhaupt ein allgemeines Interesse zustande kam, sich auf den vielfältig anspruchsvollen Weg der neuartigen Klangerzeugung vermittelt elektrotechnischer Vorrichtungen zu begeben, ist nicht allein auf die neuen technischen Möglichkeiten der Verwendung von Elektrizität im ausgehenden 19. Jahrhundert zurückzuführen. Neben dieser technologischen Komponente sind zunächst auch die ästhetischen Forderungen nach einer neuen Art von Musik zu nennen, die um die Wende zum 20. Jahrhundert verbreitet wurden.

1) Musikschaffen

Gegen das Ende des 19. Jahrhunderts erfuhren Tendenzen, wie der durchaus schon vor dem 19. Jahrhundert aufkommende, als Modeerscheinung immer wieder aufs Neue beliebte, Exotismus sowie der Folklorismus einen neuen Impuls, der durchaus im Zuge einer, wie oben bereits angesprochenen, Verwissenschaftlichung der Künste erfolgte. Dass eine Trennung der beiden Begriffe jedoch nicht selbstverständlich hinzunehmen ist, sondern einer Erwähnung bedarf, zeigt Carl Dahlhaus' Überlegung:

»Eine Folklore aber, die als lokal oder regional geprägte oder gefärbte Bauernmusik in das bürgerlich-städtische Milieu versetzt wird [...] ist im Grunde – wenn man die musikalische Substanz aus dem suggestiven szenischen oder literarischen Kontext einer Oper oder einer Symphonischen Dichtung herauslöst – kaum weniger ›exotisch‹ als eine orientalische Reminiszenz, deren Fremdheit durch Angleichung an europäisch-artifizielle

⁵³ Vgl. ebenda, S. 279 ff.

Normen der Tonverbindung und Klangfärbung gemildert und abgeschliffen wurde.«⁵⁴

Die begriffliche Trennung von Exotismus und Folklorismus sei im vorliegenden Fall weniger hinsichtlich unterschiedlicher musikalischer Wirkungen vorgenommen. Ebenso wenig kann innerhalb dieser Untersuchung der Versuch unternommen werden, die jeweils unterschiedlichen Ausprägungen in der ›musikalischen Substanz‹ auszumachen – aufgrund ihrer jeweiligen Anpassung an entsprechende Normen wäre eben dies, laut Dahlhaus, gar nicht, oder nur sehr schwer möglich. Eine Trennung der Begriffe aufgrund ihres jeweiligen geographischen Bezuges, nämlich inner- bzw. außereuropäisch, wird insofern umgangen, als Folklorismus durch Dahlhaus im Sinne einer möglichen Ausprägung des Exotismus mit aufgefasst wird. Dennoch werden durch den »...Terminus Exotismus [...] zumeist eine Vielzahl verschiedenartiger Phänomene und Strömungen zusammengefaßt, deren Hauptmerkmal in einer Beeinflussung der europäischen Kunst durch fremdländische, insbesondere außereuropäische Elemente besteht.«⁵⁵ So vorsichtig diese neuere Definition in ihrer Formulierung musikalische Erscheinungen ländlich geprägter, europäischer Kulturen nicht ausschließen möchte, so wenig kann und will auch sie eine präzise Erfassung musikalischer Ausprägungen bieten. Allerdings leitet sie den Fokus in besonderem Maße auf die geographische Trennung in außer- und innereuropäische Herkunft der Topoi, die als Exotismus in der Musik hervortreten. Im vorliegenden Fall sei nun gemäß dieser geographischen Trennung unterschieden zwischen Einflüssen außereuropäischer Musikulturen im Sinne eines Exotismus einerseits und zwischen abseits akademischer Wirkungskreise, überwiegend in ländlichen Regionen Europas existierender Musik im Sinne von Folklore andererseits.

Der Exotismus in der Musik erfreute sich besonders auf den Opernbühnen im Frankreich des 18. und 19. Jahrhunderts großer Beliebtheit.⁵⁶ Bereits vor dem 18. Jahrhundert erwuchs aber das Interesse der Bevölkerung am Topos des exotischen Orients, in Frankreich besonders an der Exotik der damaligen Türkei im speziellen und dem Orient im allgemeinen, was durch diplomatische und wirtschaftliche Beziehungen

⁵⁴ Ebenda, S. 254 f.

⁵⁵ Thomas Betzwieser/Michael Stegmann: Art. *Exotismus*, in: Ludwig Finscher u.a. (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 3, Kassel u.a. 1995, Sp. 226.

⁵⁶ Vgl. Thomas Betzwieser/Michael Stegmann: Art. *Exotismus*, Sp. 234 f.

genährt wurde, denen erste, sprachwissenschaftliche Annäherungen folgten.⁵⁷ Das Durchdringen künstlerischer Disziplinen durch die Faszination vor dem Exotischen ist ebenfalls bereits vor dem 18. Jahrhundert belegt. Dabei ist der Exotismus als Niederschlag nicht nur in musikalischen Werken und den in mit der Oper verbundenen Kunsthandwerken wie Bühnenbild- und Kostümgestaltung, sondern sogar im Musikinstrumentenbau wieder zu finden. Beispielsweise im Klavierbau »...eher extravagant, aber offenbar sehr begehrt war der ›Janitscharenzug‹ mit oft mehreren Klangelementen...«⁵⁸ ausgestattet und erlaubte dem Pianisten unter anderem Schellenkränze, Triangel oder Becken zu imitieren. In großformatigen Werken, wie der sogenannten »...Türkenoper des 18. und 19. Jahrhunderts – von Mozart über Weber, Rossini und Boieldieu bis zu Peter Cornelius...« tritt der musikalische Exotismus »...als charakteristische Tendenz des 19. Jahrhunderts...«⁵⁹ mit chronologisch zunehmender Häufung zum Ende des Jahrhunderts auf. Seine Erscheinungsform kann durchaus als eurozentristisch aufgefasst werden, da nicht eine ›authentische‹ Darbietung fremdartiger Musikkulturen als entscheidendes Moment verstanden wurde, »...sondern vielmehr die Funktion, die er als legitime Abweichung von einer ästhetisch-kompositionstechnischen Norm der europäischen Musik im Zusammenhang einer Oper oder einer Symphonischen Dichtung erfüllt. [...] Musikalischer Exotismus ist, formelhaft ausgedrückt, primär ein Funktions-, nicht ein Substanzbegriff.«⁶⁰ Bedienten sich viele und, wie oben bereits angedeutet, besonders französische Komponisten dieser funktionale Ausprägung des Exotismus, war es einer ihrer Berufskollegen, der im ausgehenden 19. Jahrhundert als Vorreiter eines allmählichen ästhetischen Wandels gelten darf. Ein auslösendes Moment dieses Wandels, hinsichtlich des künstlerischen Umgangs mit dem Exotismus im Schaffen Claude Debussys, stellten die beiden Pariser Weltausstellungen von 1889 und 1900 dar.⁶¹ Ihnen folgte jeweils eine Veröffentlichung von Louis Benedictus, der Melodien aus dem Balkan und dem Orient notierte, die auf den Aus-

⁵⁷ Vgl. Thomas Betzwieser: *Exotismus und ›Türkenoper‹ in der französischen Musik des Ancien Régime* (= Neue Heidelberger Studien zur Musikwissenschaft, Bd. 21), S. 26 f.

⁵⁸ Erich Tremmel: *Klaviergeschichte und Klaviergeschichten*, in: Gert-Dieter Ulferts/Erich Tremmel (Hrsg.), *Kosmos Klavier. Historische Tasteninstrumente der Klassik Stiftung Weimar*. Augsburg 2011, S. 116.

⁵⁹ Carl Dahlhaus: *Die Musik des 19. Jahrhunderts*, S. 254.

⁶⁰ Ebenda, S. 252.

⁶¹ Thomas Betzwieser/Michael Stegmann: Art. *Exotismus*, Sp. 237.

stellungen dargeboten wurden. »Debussy kannte die beiden Veröffentlichungen [...], er kannte aber diese Musik auch vom eigenen Anhören und gab sie im europäischen temperierten Tonsystem wieder, ohne einem modischen Exotismus zu verfallen und ohne die Vorbilder sklavisch nachahmen zu wollen.«⁶² Im Laufe seines Schaffens integrierte Debussy noch weitere außereuropäische, aber auch spanische und andalusische Folklore sowie den Ragtime aus den Vereinigten Staaten.⁶³ Die spezifische Art der Integration in seinem kompositorischen Schaffen stellt eine Abwendung des bis dahin überwiegend verbreiteten Exotismus dar. Außereuropäische, wie auch folkloristische Elemente werden nicht mehr in eine europäisch-akademische Norm musikalischer Darstellungskontexte integriert und damit ihrer Authentizität beraubt. Vielmehr entfaltete Debussy anhand vorgefundener musikalischer Elemente neuartige Dimensionen künstlerischer Gestaltung. »Bei Debussy wird musikalischer Exotismus primär zu einem Substanzbegriff.«⁶⁴ So stellt das *Prélude à l'après-midi d'un faune* beispielsweise nicht nur heute ein herausragendes Beispiel für die klanglichen Auswirkungen dieses Wandels dar. Bereits zeitgenössische Künstler, nicht alleine Musikschaffende, wurden besonders von diesem Werk inspiriert.⁶⁵

Hinsichtlich der Tendenz des Folklorismus erwiesen sich die Arbeiten Béla Bartóks als besonders einflussreich nicht nur bezüglich der Entwicklung eines Bewusstseins für das Vorhandensein von Musiktraditionen, die das akademisch geprägte, öffentliche Musikleben Europas im ausgehenden 19. Jahrhundert noch kaum erkannt hatte. Ebenso wie der Exotismus für das Schaffen Debussys völlig neue und wegweisende Dimensionen eröffnete, konnte auch Bartók klangliche Spezifika der von ihm dokumentierten bäuerlichen Musik als substantiellen Aspekt seiner Musiksprache integrieren. Für den Beginn seiner Arbeit mit folkloristischer Musik war die Bekanntschaft mit Zoltan Kodály ausschlaggebend. »They first met in the salon of Emma Gruber (later Kodály's wife) on 18 March 1905, and soon became friends not least because of

⁶² Theo Hirsbrunner: *Debussy und seine Zeit*. Laaber 1981, S. 115.

⁶³ Thomas Kabisch: Art. *Debussy*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 5, Kassel u.a. 2001, Sp. 569. Detaillierter dazu Jürgen Arndt: *Der Einfluß javanischer Gamelan-Musik auf Kompositionen von Claude Debussy* (= Europäische Hochschulschriften, Reihe 36 Musikologie, Bd. 90), Frankfurt a.M. 1993, S. 146.

⁶⁴ Ebenda, S. 150.

⁶⁵ Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts*, S. 72 f.

their mutual interest in folk music.«⁶⁶ Diese Freundschaft resultierte bereits im folgenden Jahr in eine gemeinsame Veröffentlichung. »Ab 1906 nahmen das Sammeln und das Studium der Bauernmusik einen zentralen Platz in Bartóks Leben und Schaffen ein. (Seine ersten Volksmusikbearbeitungen erschienen in den gemeinsam mit seinem Freund Z. Kodály herausgegebenen *Ungarischen Volksliedern* für Singstimme und Klavier im Dez. 1906.)«⁶⁷ Seinen Feldforschungen, die er mit einem Edison-Phonographen durchführte, folgten Arbeitsphasen der Transkription und Klassifikation der aufgenommenen Musik. Etwa 20 Jahre nach Debussy durchlief abermals eine Tendenz des 19. Jahrhunderts, nun in Bartóks künstlerischen Schaffen, die Wandlung von funktionalem Kolorit zu einem substantiellen Moment im kompositorischen Schaffen.

»The evolution of Bartók's musical language toward increasing synthesis of divergent folk-music and art-music sources is most comprehensively reflected in his set of six string quartets. [...] Bartók systematically transformed the earlier influences of German-Romanticism, impressionism and Eastern-European folk music that were juxtaposed in the First String Quartet into the highly original and unified musical language of the Third and Fourth String Quartets, composed in September 1927 and July-September 1928, respectively.«⁶⁸

Das Ergebnis der musikethnologischen Arbeiten Bartóks, abseits seines tatsächlichen kompositorischen Schaffens, darf als Beispiel für die Verwissenschaftlichung von bis dahin als peripher angesehenen kulturellen Erscheinungen gelten, was als Aspekt der Moderne bezeichnend ist, der sich in dem oben erwähnten Artikel von Guido Adler bereits vorgezeichnet findet. Allerdings sind Bartóks ethnologische Tätigkeiten nicht institutionell evoziert oder gar unterstützt, er führte sie nicht aufgrund einer Anstellung als Ethnologe, sondern aus persönlichem Interesse aus. Zwar wurde er als Professor an die königliche Budapester Akademie berufen, jedoch als Pianist. Seine außerberuflichen Beschäftigungen fanden rasch einen Niederschlag in seinen Kompositionen und eröffneten ihm dabei neue Perspektiven, die über den damals herkömmli-

⁶⁶ Sándor Kovács: *The Ethnomusicologist* in: Malcolm Gillies (Hrsg.), *The Bartók Companion*, London 1993, S. 52.

⁶⁷ László Somfai: Art. *Bartók, Béla (Viktor János)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 2, Sp. 342.

⁶⁸ Elliott Antokoletz: *Middle-period String Quartets*, in: Malcolm Gillies (Hrsg.), *The Bartók Companion*, London 1993, S. 257.

chen Kanon akademischer Ausbildung und Errungenschaften hinausgingen, was auch Ferruccio Busoni bemerkte.⁶⁹ Maßgeblich sei hier die Auflösung des Tonsystems, bestehend aus zwölf gleichschwebenden Halbtonschritten genannt, obwohl dies von manchen Zeitgenossen noch nicht unbedingt als ein besonderes Novum erkannt wurde. René Leibowitz veröffentlichte 1947 in *Les Temps Modernes* seinen ausführlichen Artikel mit dem Titel *Béla Bartók oder Die Möglichkeit des Kompromisses in der zeitgenössischen Musik* in dem musikstilistische Lager vielmehr gegeneinander ausgespielt werden, statt deren jeweilige, parallel auftretenden Kompositionsstile und musikalische Neuerungen als gleichberechtigt gelten zu lassen und zum Mittelpunkt wissenschaftlicher Betrachtungen zu machen.

»Sein Artikel entstand vielmehr zu einer Zeit, als man Bartók gegen Schönberg auszuspielen beliebte und verteidigt den großen Autor gerade gegen seine Bewunderer, die ihn gern durchweg billiger gehabt hätten, also gegen die Blindheit des ihm angedichteten ›juste milieu‹ wie gegen die Folklore als Ideologie, ohne freilich den vielleicht wichtigsten Aspekt von Folklore Bartóks zu erwähnen, daß sie nämlich trotz ihres Formelwesens immerhin jene Mikrintervalle konserviert hatte, die aus der westlichen Kunstmusik rigoros verbannt worden waren.«⁷⁰

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit der akademisch unbeeinflussten Musik einfacher Menschen, seine ethnologischen Untersuchungen, führten bei Bartók – über den Umweg einer ästhetischen Ausprägung in seinem kompositorischen Schaffen – zu einer neuartigen Ausformung musikalischer Werke, die in gewisser Weise ihre eigenen, bis dahin erreichten akademischen Grenzen auflöste.

Die wissenschaftliche Erfassung scheinbarer Nebenerscheinungen überwand tradierte musikalische Normen, die bis dahin als akademisch fundiert, galten. Die beiden Komponisten Debussy und Bartók sind bekannter Weise nicht die einzigen Neuerer der Musik um die Jahrhundertwende. Sie dürfen jedoch exemplarisch für den Aspekt des aufkommenden außereuropäischen Einflusses, nicht zuletzt aufgrund einer wachsenden Technologisierung und Verwissenschaftlichung stehen, der durch die private Beschäftigung von Komponisten mit musikalischen Erscheinungen geleistet wurde.

⁶⁹ Vgl. László Somfai: Art. *Bartók, Béla (Viktor János)*, Sp. 343 f.

⁷⁰ Hans Rudolf Zellers Anmerkung des Übersetzers zu René Leibowitz: *Béla Bartók oder die Möglichkeit des Kompromisses in der zeitgenössischen Musik*, in: Heinz-Klaus Metzger, Rainer Riehn (Hrsg.), *Béla Bartók* (= Musik-Konzepte 22), S. 36 f.

Darüber hinaus vereinigten eben diese beiden Komponisten alleine bereits die wichtigsten Aspekte musikalischer Neuerungen zu dieser Zeit, ohne dies natürlich ausschließlich und in voller Absicht bewerkstelligt zu haben. Sowohl Debussy als auch Bartók haben neuartige Kompositionstechniken aufgrund ihrer Beschäftigung mit exotischer oder folkloristischer Musik entwickeln können, deren Charakteristika für den Fortgang der Musikgeschichte bis weit in das 20. Jahrhundert hinein richtungsweisend wurden.

Was Carl Dahlhaus unter den Schlagworten ›Tonalitätszerfall‹ sowie ›Emanzipation der Dissonanz‹ fasst, sind Substanzen »...der Dialektik von Ästhetik und Kompositionstechnik [...] [wodurch] Musikgeschichte als Prozeß, dessen Schauplatz die tönenden Gebilde sind, sichtbar...« wird.⁷¹ Im Gegensatz dazu betrachtet Siegfried Mauser unter ›Zeitgestaltung‹, ›Liniengestaltung‹ und ›Klanggestaltung‹ kompositorische Vorgehensweisen im Sinne »...kompositionsgeschichtliche[r] Tendenzen des 19. Jahrhunderts...« und deren Wandlungsprozess.⁷² Diesen versteht er im Sinne einer allgemeinen Emanzipation »... als er [der Wandlungsprozess] in Bezug auf die verschiedenen Parameter der Komposition einerseits die letztmögliche Überhöhung eines Gestaltungsmittels im Sinn vollzogener Selbständigkeit und Freiheit als auch die mitunter aggressive Absetzung von etwas Konventionell-Bindendem, das jetzt auf neuem Weg zurückgelassen werden soll, andeutet.«⁷³

Mit diesen jeweiligen Ansätzen stellen sich in Debussys Schaffen die Einflüsse des Exotischen als Einflüsse auf seine Kompositionstechnik dar, die ihn Normen des 19. Jahrhunderts zur Zeit-, Linien- und Klanggestaltung überwinden lassen. Darüber hinaus ist als Einfluss des Exotischen auf die Klanggestaltung Debussys sicherlich auch der Kontakt mit authentischen asiatischen Musikinstrumenten und deren fremdartige Klänge zu nennen. Als Ergebnis löste er die Musik aus dem chromatischen bzw. dur-moll-tonalen Bereich durch die Zugrundelegung beispielsweise von Ganztonleitern oder Pentatonik für die Melodiebildung. Daraus folgten gleichsam neue Kriterien für harmonische Gebilde und Abläufe und damit auch die Loslösung von

⁷¹ Carl Dahlhaus: *Die Musik des 19. Jahrhunderts*, S. 281.

⁷² Siegfried Mauser: *Musikalische Moderne und Neue Musik als kompositionsgeschichtliche Paradigmen*, in: ders./Schmidt, Matthias (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1900–1925*. Laaber 2005 (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 1), S. 32.

⁷³ Ebenda.

der Funktionsharmonik. Die musikalische Gestaltung Debussys überwand dabei die enge Verknüpfung von Harmonik und Melodik. Zeitliche Abläufe im Sinne einer motivisch-thematischen oder funktionsharmonischen Entwicklung als formal-teleologischer Aspekt konnten damit ebenso überwunden werden.⁷⁴

Im Schaffen Bartóks lassen sich Einflüsse des Folklorismus ebenfalls durch eine Lösung herkömmlicher tonaler Begrenzungen feststellen, jedoch zusätzlich mit der Tendenz zur Mikrotonalität. Deren Integration in sein musikalisches Schaffen bewerkstelligte der Komponist, aufgrund der Problematik der Hervorbringung mikrotonaler Intervalle, in seinen Streichquartetten. Die bundlosen Instrumente der Violinfamilie eignen sich durch die dem Spieler frei zum Abgreifen zur Verfügung stehenden Saiten dafür besonders. So stellen Mikrointervalle in diesem Falle lediglich eine verfeinerte Differenzierung des Abgreifens der bis dahin üblichen Intervalle dar und können dadurch in relativ einfacher Weise, lediglich durch Erweiterung der Spieltechnik, jedoch ohne das Musikinstrument baulich beeinflussen zu müssen, hervorgebracht werden. Darüber vollzogen sich bei Bartók Tendenzen zu einer Überwindung der herkömmlichen Beziehung von Metrik und Rhythmik durch die Beschäftigung mit folkloristischer Musik. Motive oder kurze Abschnitte von charakteristischer Rhythmisierung erhielten gegenüber dem vorgegebenen Metrum eine Selbständigkeit, die als Emanzipation erfahrbar wird, indem metrische Schwerpunkte damit vollständig aufgehoben werden. »Somit entspricht als Grundtendenz der Emanzipation individualrhythmischer Gestaltung von taktmetrischen Vorordnungen die Emanzipation des einzelnen Zeitimpulses von seiner Bindung an die taktmetrischen Hierarchien.«⁷⁵ Sowohl Bartók, als auch Debussy integrierten den Aspekt der ›Klanggestaltung‹ auf neuartige und nachhaltige Weise in ihr Schaffen.

Durch Notation bestimmter, im herkömmlichen Sinne dissonanter und im melodischen Verlauf simultan gespielter Intervalle, bereicherten sie ihre musikalischen Sätze (besonders diejenigen für ein Solo-Instrument) um eine klangfarbliche Charakteristik, ohne dass sie dafür auf die Verwendung unterschiedlicher Instrumente zurückgreifen hätten müssen. Dabei verwischten sie die Grenze zwischen Klangfarbe und Tonhöhe – womit der Begriff ›Emanzipation der Dissonanz‹ nicht nur in der bei Dahlhaus aus-

⁷⁴ Vgl. ebenda, S. 36.

⁷⁵ Ebenda, S. 33.

geführten Art reflektiert werden kann, nämlich als zunehmende Verwendung, mit Hilfe der Funktionsharmonik nicht mehr integrierbarer Tonhöhen – indem sie die klanglichen Reibungen von Intervallen als klangliche Färbung einsetzen.

»The fact is that the interval of the second, both the major and minor second which are inversions of the minor and major seventh, were used by Debussy, as also by Stravinsky and Bartók, as a dissonance having a certain sonorous value in itself, regardless of its function in a three- or four-note chord and without any question of its resolution. [...] Jankélévitch was right in suggesting that beyond the interval of the second we approach the boarderland of music and noise. At what point does sound advance into music, or on the other hand, at what point does it retreat into noise? Debussy did not live to see the beginnings of musique concrete though certain of his harsher uses of the second, based on the principle that there are ultimately no borderlands between music and sound and noise, do in a sense foreshadow this present-day concept.«⁷⁶

An den beiden hier exemplarisch aufgeführten Beispielen Debussys und Bartóks ist der Wandlungsprozess kompositionsgeschichtlicher Tendenzen aus dem 19. Jahrhundert, dem Exotismus und den Folklorismus, ablesbar. Dieser Prozess, der kompositionstechnische Aspekte um die Jahrhundertwende hervorbringt, die sich als konstituierend für die folgenden Jahrzehnte erweisen sollten, führte zu einem »...Individuierungsbestreben [...], daß sich von Formen modellhafter Gebundenheit absetzt und ein Struktur- und Formkonzept als jeweils individuell geformtes, gegenüber konventionellen und traditionellen Ansprüchen in verschiedenem Grad emanzipiertes aufweist.«⁷⁷ Ebenso könnten weitere kompositionstechnische Aspekte als Ergebnisse eines Wandlungsprozesses zu dieser Zeit aufgezeigt werden, wie sie beispielsweise mit den Schlagworten, genannt bei Dahlhaus und Mauser, bezeichnet sind. Allerdings ist für die vorliegende Untersuchung die Auflösung von Normen des traditionellen Musikschaffens durch charakteristische Tendenzen der Moderne von besonderem Interesse. Dadurch wurden sowohl eine Öffnung und ein Streben nach Neuem in bis zur damaligen Zeit ungekanntem Maße erreicht, als auch ein Interesse an neuartiger Klangerzeugung und, damit verbunden, an neuartigen Musikinstrumenten genährt.

⁷⁶ Edward Lockspeiser: *Debussy: His Life And Mind* 2, Cambridge 1978, S. 242.

⁷⁷ Ebenda, S. 34.

»Die Veränderung des Gattungs- und Formenkanons, die im Rahmen einer sich entfaltenden bürgerlichen Öffentlichkeit seit der Wiener Klassik aufgrund immanenter Entwicklungstendenzen verstehbar gewesen waren, erreichten damals – im Zeichen einer fundamentalen Krise der Musiksprachen – eine historische Stufe, auf der Widersprüche zwischen dem bislang zugestandenen Innovationsspielraum und den von einigen Komponisten getroffenen Neuerungen nicht länger nach den alten Mustern bewältigt werden konnten.«⁷⁸

Das in der heutigen Musikforschung populäre Beispiel Claude Debussys, der die Eindrücke der Pariser Kolonial- und Weltausstellungen in besonderem Maße kreativ zu verarbeiten vermochte, zeigt einen Komponisten, der indirekt beeinflusst wurde von technologischen und gesellschaftlichen Errungenschaften des ausgehenden 19. Jahrhunderts und diese in seinem künstlerischen Schaffen absorbieren konnte. Die steigende Verwissenschaftlichung unterschiedlichster Bereiche können an Bartóks Forschungen zur folkloristischen Musik abgelesen werden. Im Gegensatz zu Debussy konnte er in seinem künstlerischen Schaffen die Ergebnisse selbständig durchgeführter ethnologischer Feldforschungen verarbeiten.

2) Musikforschung

Neben dem Musikschaffen wurde um die Wende zum 20. Jahrhundert auch im Musikschrifttum, sowohl im wissenschaftlichen, als auch im journalistischen, geleistet. Große Auswirkungen hatten neue Erkenntnisse der Musikforschung, einerseits auf Komponisten, andererseits aber auch auf Musiker im Allgemeinen. Ebenso gaben Schriften bekannter Komponisten wichtige Impulse für neue Gedanken über Musik und Musikschaffen.

Ähnliche ästhetische Folgerungen, wie sie Bartók besonders in seinen Streichquartetten hinsichtlich der Mikrotonalität leistete, zog auch der tschechische Komponist Alois Hába, allerdings unter anderen Voraussetzungen. Etwa ein Jahrzehnt später beschäftigte er sich ebenfalls mit Mikrointervallen und traf dabei bereits auf eine in der akademischen Welt verbreitete Akzeptanz und ein bereits vorhandenes Fundament akademisch erfassten Wissens darüber. Es war durch die Forschungsarbeiten

⁷⁸ Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts*, S. 11.

Carl Stumpfs, später Erich Moritz von Hornbostels und Curt Sachs vorbereitet worden und damit für deren Wirkungsumfeld in Berlin charakteristisch, wie unten näher ausgeführt. Anders als Bartók wurde Hába zunächst durch einen theoretischen Vortrag zur Komposition im Vierteltonsystem für Streichorchester sowie durch die Lektüre von Ferruccio Busonis *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst* angeregt.⁷⁹ »Busonis ontologischer Grundsatz einer autonomen Musikästhetik beeindruckte Hába umso mehr, als er sich auf eine weitere Differenzierung des bestehenden Zwölftonsystems bezog. [...] Der Gedanke einer Mikrotonmusik war der erste wesentliche Impuls von Busonis Musikästhetik für einen Komponisten, der schon 1917 eine Vierteltonsuite für Streicher skizziert hat.«⁸⁰ Als Schüler Franz Schrekers ging Hába 1920 nach Berlin, wo er in Georg Schünemann einen Förderer seiner Interessen fand.⁸¹ So schrieb er in seiner *Neuen Harmonielehre* selbst über Schünemann, dass er ihn »...auf die historischen Tatsachen, die das Vierteltonsystem betreffen, aufmerksam gemacht, zum Studium orientalischer Musik angeregt, zu der experimentellen Akustik gebracht und mit ihren Methoden vertraut gemacht [habe].«⁸² Nachdem Hába bereits erste Schritte in der Arbeit mit Mikrointervallen gewagt hatte, begannen seine systematischen Studien dazu erst einige Jahre später in dem fruchtbaren Umfeld der Berliner Hochschule für Musik. Im Gegensatz zu Bartók stand bei Hába zunächst eine experimentelle Phase der Beschäftigung mit Mikrointervallik, der ab seiner Studienzeit in Berlin eine wissenschaftlich-systematische Beschäftigung folgte. In diesem Fall traf ein Künstler auf bereits geschaffene, neuartige akademische Ausbildungspotentiale um seinen Weg weiter verfolgen zu können, dessen publizistische Ergebnisse besonders durch Hábas oben zitierte *Harmonielehre* vertreten werden.

Der Impuls, den er durch die Lektüre des *Entwurfs einer neuen Ästhetik der Tonkunst* erhalten hat, ist keine Einzelercheinung und darf exemplarisch als Beispiel dafür angesehen werden, wie ein bereits etablierter und in akademischen Kreisen sowie

⁷⁹ Jiří Vysloužil: *Alois Hába in der Musikentwicklung des 20. Jahrhunderts*, in: Horst-Peter Hesse/Wolfgang Thies (Hrsg.), *Gedanken zu Alois Hába* (= Wort und Musik Salzburger Akademische Beiträge Bd. 35), Salzburg 1996, S. 16.

⁸⁰ Ebenda.

⁸¹ Vlasta Reittererová: Art. *Hába Familie: Alois (1)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 8, Kassel u.a. 2002, Sp. 346.

⁸² Alois Hába: *Neue Harmonielehre des diatonischen, chromatischen, Viertel-, Drittel-, Sechstel- und Zwölfteltonsystems*. Nachdruck der Ausgabe von 1927, München 2001, S. 3.

im öffentlichen Konzertleben voll verankerter Künstler durch schriftliche Darlegung seiner Gedanken, neue künstlerische Wege aufzuzeigen und zahlreiche Künstler damit anzuregen vermag. Ferruccio Busoni war bereits zu Lebzeiten ein großer Förderer zeitgenössischer Musik, allerdings weniger als Pianist, sondern vielmehr als Leiter von Orchesterabenden, die er ab 1902 in Berlin leitete. Zudem veröffentlichte er zahlreiche Essays und Abhandlungen über Musik und zählt daher bis heute zu einem herausragenden Zeitzeugen des beginnenden 20. Jahrhunderts in Berlin.⁸³ Sein erstmals 1907 in Triest erschienener *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst*, der neun Jahre später in einer zweiten Auflage in Berlin erschien, galt zahlreichen jungen aber auch reiferen Komponisten als Anregung, fasste er damit doch zahlreiche musikästhetische Aspekte in Worte, die im Schaffen der obigen drei angeführten Komponisten exemplarisch als Wandel von bereits vorhandenen Tendenzen durch charakteristische Aspekte der Moderne aufgezeigt wurden.

Zunächst wird der Aspekt der Verstädterung durch Busonis Entscheidung evident, indem er »...sich [1894] mit seiner Familie in Berlin, das zu einer europäischen Kulturmetropole herangewachsen war...«⁸⁴ niederließ und dort durch seine musikalische Tätigkeit das kulturelle Leben, wie oben bereits erwähnt, mitprägte. Als wesentlich bedeutender stellt sich aus heutiger Perspektive jedoch das Erscheinen der zweiten Fassung seines *Entwurfs einer neuen Ästhetik der Tonkunst* im Jahr 1916 heraus.⁸⁵ Darin veröffentlichte er seine Gedanken hinsichtlich zahlreicher und höchst unterschiedlicher Aspekte der Musik, wobei die im vorangehenden Abschnitt dieser Untersuchung dargestellten Neuerungen, besonders die Verwendung neuartiger Skalen sowie die teils damit verbundene Mikrointervallik, eine zentrale Rolle spielten. Allerdings erreichte er seine Position zur Kritik am herkömmlichen, in Halbtonschritten unterteilten Tonsystem – ganz im Gegensatz zu seinen Komponistenkollegen Debussy und Bartók – aus einem historischen Verständnis der musikalischen Entwicklung heraus, ohne außereuropäische Exotismen, oder abseits von kulturellen und gesell-

⁸³ Albrecht Riethmüller u.a.: Art. *Busoni, Ferruccio* (*Dante Michelangelo Benvenuto*), in: Ludwig Fischer (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 3, Kassel u.a. 2000, Sp. 1397.

⁸⁴ Ebenda, Sp. 1375.

⁸⁵ Vgl. Martina Weindel (Hrsg.): *Kommentarteil*, in: (dies.), *Ferruccio Busoni. Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Ergänzte und kommentierte Neuausgabe* (= Taschenbücher zur Musikwissenschaft 145), Wilhelmshafen 2001, S. 76.

schaftlichen Zentren erhaltenen Folklorismus heranzuziehen. Vielmehr beginnt er mit einer fundamentalkritischen Bemerkung hinsichtlich musiktheoretischen Denkens: »Zeichen« sind es auch, und nichts anderes, was wir heute unser ›Tonsystem« nennen. Ein ingeniöser Behelf, etwas von jener ewigen Harmonie festzuhalten; eine kümmerliche Taschenausgabe jenes enzyklopädischen Werkes; künstliches Licht anstatt Sonne.«⁸⁶ Busoni gibt damit zugleich seine Haltung zu erkennen, dass systemisches Denken eben nur einen bzw. gewisse Aspekte dessen erhellen kann, was das Objekt seiner Betrachtung ist. In diesem Falle bezieht er sich auf die Notenschrift, die klangliche Vorstellungen in den begrenzten Möglichkeiten, die ihr durch ihre spezifische Verschriftlichung charakteristisch ist, gleichsam gefangen hält. Weiter kritisiert er die Lehre von den vierundzwanzig Tonarten, die sich jedoch auf lediglich zwei verschiedene Grundtypen reduzieren lassen. »Auf die beiden Siebenfolgen, die Dur-Tonart und die Moll-Tonart, hat man die ganze Tonkunst gestellt – eine Einschränkung fordert die andere.«⁸⁷ Dass sich solcherlei Einschränkungen aber nicht allein auf die Zeichen der Musik beziehen, sondern ihren Widerschein auch in der Konstruktion von Musikinstrumenten haben, dass damit also zusätzlich die Dimension der klanglichen Möglichkeiten – neben der Übermittlung bzw. Tradierung klanglicher Vorstellungen durch Notenschrift – gleichsam durch das zugrundeliegende Tonsystem bzw. systemische Denken beschränkt ist, stellt Busoni ebenso fest. »Namentlich die Tasteninstrumente haben unser Ohr gründlich eingeschult, so daß wir nicht mehr fähig sind, anderes zu hören – als nur im Sinne der Unreinheit. Und die Natur schuf eine unendliche Abstufung – unendlich! wer weiß es heute noch?«⁸⁸ Diese fundamentale Kritik über die Beschränkung des Tonsystems, die zugleich als eine Kritik an der europäischen musiktheoretischen Tradition gesehen werden kann und die für die fortschrittsorientierte Epoche der Moderne symptomatisch ist, führt Busoni zu seinen Überlegungen hinsichtlich neuartiger Tonsysteme im Sinne von Skalen. Allerdings bettet er seine Gedanken in das damals aktuelle musikalische Schaffen ein, das ihm selbst natürlich bestens bekannt war.

⁸⁶ Ferruccio Busoni: *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst*, in: Martina Weindel (Hrsg.), *Ferruccio Busoni. Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Ergänzte und kommentierte Neuauflage* (= Taschenbücher zur Musikwissenschaft 145), Wilhelmshafen 2001, S. 43 f.

⁸⁷ Ebenda, S. 46.

⁸⁸ Ebenda, S. 44.

»Daß schon einige empfunden haben, wie die Intervalle der Siebenfolge noch anders geordnet (graduirt) werden können, ist in vereinzelt Momenten bereits bei Liszt und in der heutigen musikalischen Vorwärtsbewegung ausgesprochener zur Erscheinung gekommen [Textkollation zur Ausgabe von 1907: »...ist aus vereinzelt Momenten bei Liszt, neuerdings bei Debussy und seinen Gefährten, selbst bei R. Strauß...<].«⁸⁹

Busoni nahm allerdings einen weiteren Schritt in seinen Überlegungen vor. Die bloße Umgestaltung der ›Siebenfolge‹ allein, genügt ihm nicht. Eine äußerliche Umstrukturierung des vorhandenen Tonsystems unter Beibehaltung der zugrundeliegenden Systematik von Halb- und Ganztonschritten, war nicht seine Absicht, zumal dies bereits die ›musikalische Vorwärtsbewegung‹ leistete. Busoni selbst wollte eine neue Struktur des Materials unter Zurücklassung der tradierten Tonabstände, womit er den Bereich der heute so genannten Mikrointervalle beschritt.

»Der Drittelton pocht schon seit einiger Zeit an die Pforte, und wir überhören noch immer seine Meldung. Wer, wie ich es getan, damit [...] experimentierte und – sei es mit der Kehle oder auf einer Geige – zwischen einem Ganzton zwei gleichmäßig abstehende Zwischentöne einschaltete, das Ohr und das Treffen übte, der wird zur Einsicht gelangt sein, daß Drittel-töne vollkommen selbständige Intervalle von ausgeprägtem Charakter sind, mit verstimmt Halbtönen nicht zu verwechseln.«⁹⁰

Da ihm eben nicht lediglich eine weitere binäre Unterteilung des Halbtonschrittes in zwei Vierteltonschritte vorschwebte, besann er sich auf eine ternäre Unterteilung des Ganztonschrittes in Drittel-töne, wodurch eine achtzehnfach unterteilte Oktave entstünde. Unter Rückbezug auf das gewöhnliche chromatische Tonsystem schichtete er im Folgenden zwei solcher Dritteltonleitern im Abstand eines Halbtones übereinander und gelangt so zu einer Sechsteltonleiter, womit er jedoch an zuvor in seinem *Entwurf* festgestellte Grenzen der musikalischen Umsetzung gelangt. »Plötzlich, eines Tages, schien es mir klar geworden: daß die Entfaltung der Tonkunst an unseren Musikinstrumenten scheitert. [...] Die Instrumente sind an ihrem Umfang, ihre Klangart und ihre Ausführungsmöglichkeiten festgekettet, und ihre hundert Ketten müssen den Schaffenwollenden mitfesseln.«⁹¹ Hinsichtlich seiner betriebenen Experimente mit Mikrointervallen, aber auch hinsichtlich des Klaviers deutete er bereits diese

⁸⁹ Ebenda, S. 48.

⁹⁰ Ebenda, S. 50 f.

⁹¹ Ebenda, S. 41.

Problematik an, die auch von Alois Hába und Béla Bartók durch die Wahl von Streichinstrumenten gelöst wurde. Da bis zu diesem Zeitpunkt die herkömmliche Bauweise sowie die spieltechnischen Möglichkeiten der meisten Instrumente eine Überwindung des halbtönig gegliederten Tonsystems nicht oder nur begrenzt zuließen, sah Busoni in der ihm bekannt gewordenen Möglichkeit elektrotechnisch erzeugter Klänge einen potenziellen Weg zur gezielten Weiterentwicklung des ästhetischen Status Quo.

»Die Frage nach der Notation halte ich für Nebensächlich. Wichtig und drohend ist dagegen die Frage, wie und worauf diese Töne zu erzeugen sind. Es trifft sich glücklich, daß ich während der Arbeit an diesem Aufsatz eine direkte und authentische Nachricht aus Amerika erhalte, welche die Frage in einfacher Weise löst. Es ist die Mitteilung von Dr. Thaddeus Cahills Erfindung. Dieser Mann hat einen umfangreichen Apparat konstruiert, welcher es ermöglicht, einen elektrischen Strom in eine genau berechnete, unalterable Anzahl Schwingungen zu verwandeln.«⁹²

Die Idee der scheinbar einfachen Realisierung von Mikrointervallen steht in dieser Feststellung im Mittelpunkt. Als Pianist stellte ihn ›sein‹ Instrument mit dem vorgegebenen Halbtonsystem ganz besonders vor diese Problematik, was ihn bereits 1910 dazu veranlasst hatte, sich mit dem Bau eines Dritteltonharmoniums zu beschäftigen.⁹³ Er sah also von Anbeginn der elektrotechnisch vollzogenen Klangerzeugung beides, den technologischen Fortschritt sowie die Kunst eng miteinander verquickt. Neuartige Technologien betrachtete er als Mittel zum Zweck, indem durch sie Neues in der Musik ausgeführt werden konnte. Seinen Weitblick hinsichtlich der tatsächlichen Durchsetzung dieser Neuerungen beweist er mit dem Nachsatz: »Nur ein gewissenhaftes und langes Experimentieren, eine fortgesetzte Erziehung des Ohres, werden dieses ungewohnte Material einer heranwachsenden Generation und der Kunst gefügig machen.«⁹⁴ In der Tat blieb der Mikrointervallik in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein großer Durchbruch verwehrt, wobei neben spieltechnischen Aspekten sicherlich auch politische Krisen und radikale Regime eine maßgebliche Rolle spielten.

⁹² Ebenda, S. 52.

⁹³ Vgl. ebenda, S. 129.

⁹⁴ Ebenda, S. 52 f.

Für Busoni war die Vorstellung maßgeblich, dass Musik viel mehr sein kann, als durch die Verwendung von Halb- und Ganztonschritten erreicht werden konnte. In seinem Vokabular zur Beschreibung seines teleologisch geprägten Denkens stehen die Begriffe ›Natur‹ und ›Unendlichkeit‹ für das Potential musikalischer Erscheinungen. Durch die Überwindung des überlieferten Tonsystems sieht er die Möglichkeit zur Erreichung eines von ihm romantisch verbalisierten Zieles, nämlich die Eröffnung der Unendlichkeit für klangliche Vorstellungen in Bezug auf die Tonhöhe.

Busonis *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst* beeinflusste neben Hába, der – wie oben bereits erwähnt – zu einem der großen Vertreter sogenannter Vierteltonmusik im 20. Jahrhundert avancieren sollte, auch Arnold Schönberg.⁹⁵ Dessen Schritte auf neuen Bahnen in der Musik finden nicht auf dem Gebiet der Mikrointervallik statt. In seiner *Harmonielehre* von 1911 stellte er zum Ende kurze Reflektionen über den ›Klang‹ vor, an dem »...drei Eigenschaften erkannt [wurden]: seine Höhe, Farbe und Stärke. Gemessen wurde er bisher nur in einer der drei Dimensionen, in denen er sich ausdehnt.«⁹⁶ Eine solche Herangehensweise lässt auch in diesem Falle eine Verwissenschaftlichung feststellen, indem Schönberg versuchte, die Problematik einer Beschreibung sinnlicher Wahrnehmung mit einem naturwissenschaftlichen Vokabular zu bewerkstelligen. Im Gegensatz zu Busoni stellte er jedoch die Klangfarbe, deren Beziehung zur Eigenschaft der Höhe sowie ihre künstlerische Behandlung, nicht jedoch die Behandlung von Tonsystemen hinsichtlich neuartiger Unterteilungsmöglichkeiten, in den Mittelpunkt seiner Reflektion. Er hielt »...es nun [für] möglich, aus Klangfarben [...] Gebilde entstehen zu lassen, die wir Melodien nennen, Folgen, deren Zusammenhang eine gedankenähnliche Wirkung hervorruft...«⁹⁷, worin er einen möglichen zukünftigen Weg der Musik sah. Die Idee einer ›Klangfarbenmelodie‹ stellte sich jedoch als ebenso virulent dar, wie Busonis Idee über Mikrointervallik. Zwar können beide nicht als Urheber dieser Ideen benannt, allerdings als jeweils wichtige Wegbereiter dieser neuen Ideen, angesehen werden. Dass Mikrointervalle

⁹⁵ Vgl. hierzu besonders die Ausgabe von Busonis *Entwurf* mit den handschriftlichen Anmerkungen Arnold Schönbergs bei: Hans Heinrich Stuckenschmidt (Hrsg.), *Ferruccio Busoni Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Faksimile einer Ausgabe von 1916 mit den handschriftlichen Anmerkungen von Arnold Schönberg*, Frankfurt a.M. 1974.

⁹⁶ Arnold Schönberg: *Harmonielehre*, Jubiläumsausgabe Wien 2001, S. 503.

⁹⁷ Ebenda.

bereits vor Busonis *Entwurf* zumindest in wissenschaftlichen Fachkreisen bekannt waren, zeigt nicht nur das Beispiel Bartóks.⁹⁸ Ebenso existierten bereits Kompositionen, beispielsweise von Debussy, die wiederum ein neues Verständnis der Klangfarben nahelegten. Hinsichtlich der mit elektrotechnischen Vorrichtungen erzeugten Musik war besonders Busoni einflussreich. Seine Erwähnung von Cahills Erfindung, dem Telharmonium, gab Jörg Mager großen Rückhalt in der Verfolgung seiner Wege zur Vierteltonmusik mit Hilfe seiner ersten elektrotechnischen Konstruktion, dem Sphärophon.⁹⁹ Seine Arbeiten fanden 1919 als eine Folge der Übersiedelung nach Berlin die Unterstützung u.a. durch Georg Schünemann.¹⁰⁰

Die Stadt Berlin war um die Jahrhundertwende nicht nur hinsichtlich neuer technologischer Entwicklungen ein wichtiges Zentrum. Berliner Institute bereiteten zudem auch Komponisten eine Ausgangsbasis für ästhetische Neuerungen. Mit der Hochschule für Musik und dem Stern'schen Konservatorium als große Säulen der Musikerziehung, sowie den zahlreichen kleineren Einrichtungen, bildete die Hauptstadt einen regelrechten Sammelplatz für große Persönlichkeiten des musikalischen Schaffens. Allerdings entwickelte sich Berlin im Zuge der Verstädterung auch zu einem Zentrum akademisch verankerten Forschens. Die Etablierung der Musikwissenschaft durch Einrichtung entsprechender Lehrstühle eröffnete neue Perspektiven und Wissensgrundlagen, wie die oben genannten Beispiele Guido Adlers und Alois Hábas verdeutlichen. Neben den verschiedenen einflussreichen Persönlichkeiten sind besonders auch drei institutionelle Angliederungen an die Berliner Hochschule für Musik von Bedeutung. Dazu zählte besonders die »...zu einem umfangreichen Instrumentenkunde-Museum ausgebaute Sammlung alter Musikinstrumente (gegr. 1888; 1893–1920 unter Leitung von Oskar Fleischer, 1920–1933 von Curt Sachs, seit 1935 Bestandteil des Staatlichen Instituts für Deutsche Musikforschung) [...] sowie seit 1922 das Berliner Phonogramm-Archiv [...] (gegr. 1905 von C. Stumpf und O. Abraham, 1934 in das Museum für Völkerkunde überführt). [...] 1922 begann man, eine Rundfunkversuchsstelle einzurichten (Eröffnung 1928), an der u.a. Butting, Hindemith und Walter

⁹⁸ Vgl. hierzu den voranstehenden Abschnitt I.3.1) *Musikschaffen*, S. 32–41 in dieser Untersuchung.

⁹⁹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 26.

¹⁰⁰ Vgl. ebenda, S. 27. Vgl. hierzu auch den Abschnitt II.5.4) *Sphärophon*, S. 195–199 in dieser Untersuchung.

Gronostay arbeiteten.«¹⁰¹ Durch diese institutionelle Erweiterung stand damaligen Forschungsarbeiten ein großer Fundus an zu erforschenden Objekten und Dokumenten sowie technischer Vorrichtungen zur Verfügung. Besondere Aufmerksamkeit gebührt hierbei zunächst den Personen Carl Stumpf, Erich Moritz von Hornbostel und Curt Sachs, die als Hauptfiguren der sog. »Berliner Schule« gelten.¹⁰² Gilt Stumpf als der eigentliche Begründer der Tonpsychologie sowie der vergleichenden Musikwissenschaft, so ist sein Schüler Hornbostel, als Mitbegründer zu nennen.¹⁰³ Die Instrumentenklassifikation von Sachs und Hornbostel ist heute noch ein weit verbreitetes Ergebnis der Forschungsarbeiten dieses Berliner Zirkels, dessen Wirken in Berlin 1933 ein jähes Ende fand. In das Umfeld dieses Zirkels ist aufgrund seiner pädagogischen und wissenschaftlichen Fähigkeiten, aber auch aufgrund seines fachlichen Weitblickes und seiner organisatorischen Fähigkeiten, Georg Schünemann zu zählen. Ab 1920 erhielt er die stellvertretende, geschäftsführende und nach der Entlassung Schrekers 1932 die volle Direktion der Hochschule für Musik, bevor er ebenfalls 1933 all seiner Ämter wieder enthoben wurde.¹⁰⁴ Wie bereits am Beispiel Hábas erläutert, war er nicht nur ein Förderer für Musikforscher und Komponisten.

»Schünemanns zunehmende Aufgeschlossenheit gegenüber der musikalischen Avantgarde, die sich in eine entschiedene Fürsprache für die Neue Musik wandelte, ist eng an seine Tätigkeit an der Hochschule für Musik und das Berliner Musikleben der zwanziger Jahre geknüpft. Die Neuordnung der Hochschule, ihre Öffnung gegenüber allem wertvoll erscheinendem Neuen und ihre enge Bindung an das international geprägte Berliner

¹⁰¹ Ingeborg Allihn: Art. *Berlin*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 1, Kassel u.a. 1994, Sp. 1463. Bezüglich des Gründungsdatums sowie der Zuordnung des Phonogramm-Archivs zur Hochschule differieren diese Angaben mit denen Dietmar Schenks. Vgl. ders.: *Die Hochschule für Musik zu Berlin. Preußens Konservatorium zwischen romantischem Klassizismus und Neuer Musik, 1869–1932/33*, Stuttgart 2004 (= Pallas Athene. Beiträge zur Universitäts- und Wissenschaftsgeschichte 8), S. 249.

¹⁰² Vgl. Andreas Eichhorn: Art. *Sachs, Curt*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 14, Kassel u.a. 2005, Sp. 768.

¹⁰³ Vgl. Jobst Fricke: Art. *Stumpf, Carl*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 16, Kassel u.a. 2006, Sp. 228. Sowie Sebastian Klotz: Art. *Hornbostel, Erich Moritz, Moritz, Ritter von*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 9, Kassel u.a. 2003, Sp. 360.

¹⁰⁴ Dietmar Schenk: Art. *Schünemann, Georg*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 15, Kassel u.a. 2006, Sp. 342 f.

Musikleben ließen sie zu einem Experimentierfeld für die Moderne werden.¹⁰⁵

Derlei direkt mit Musik verbundene wissenschaftliche und künstlerische Bewegungen sowie Institutionalisierungen, waren wegbereitend für die kulturelle Blüte der 1920er Jahre. Ein weiteres, bis heute in der Musikforschung jedoch noch relativ wenig beachtetes, herausragendes Zeugnis wissenschaftlicher Vernetzung dieser Zeit stellt Max Webers, fragment verbliebenes und 1921 posthum erschienenenes Werk *Die rationalen und soziologischen Grundlagen der Musik* dar. Es spiegelt dennoch in seinem Umfang und weiten Horizont als einzigartiges Werk das damalige kulturelle Bewusstsein wider, das besonderen Einblick bezüglich des Denkens über Musik zu gewähren vermag.¹⁰⁶

Weber greift darin bezüglich der Handhabung von Skalen beinahe sämtliche Aspekte auf, wie sie an den Beispielen Debussys und Bartóks bereits aufgezeigt werden konnten. So setzt er sich gleich zu Beginn mit den mathematischen Grundlagen des europäischen Skalendenkens auseinander. Er stützt sich dabei auf das mathematische Problem der Ungleichheit zweier Potenzierungsprozesse zur Errechnung der Schwingungsverhältnisse sämtlicher Tonestufen, deren Ergebnis das pythagoreische Koma ist.¹⁰⁷ Hiervon ausgehend beginnt er nicht nur die scheinbar vorherrschende Gültigkeit der europäischen Skalenbeschaffenheit der gleichschwebend temperierten Stimmung zu hinterfragen. Fußend auf gründlicher und umfangreicher Kenntnis musikwissenschaftlicher Literatur, entfaltet er seine vergleichenden Überlegungen über die europäische Tonleiter und zahlreiche außereuropäische Skalen, der Entwicklung von Polyphonie und Akkordharmonik, dem Einfluss der temperierten Stimmung auf die ›Akkordmusik‹ sowie auf die Verflechtung von Musikinstrumenten mit Musikpraxis und dem Handwerk des Instrumentenbaus. In seinen Überlegungen rekurriert er häufig auf Arbeiten aus dem Kreis um Carl Stumpf sowie auf akustische Untersu-

¹⁰⁵ Heike Elftmann: *Georg Schünemann (1884–1945). Musiker, Pädagoge, Wissenschaftler und Organisator. Eine Situationsbeschreibung des Berliner Musiklebens* (= Schriftenreihe zur Musikwissenschaft an den Berliner Hochschulen und Universitäten 19), Potsdam 1996, S. 87.

¹⁰⁶ Vgl. Christoph Braun: *Max Webers ›Musiksoziologie‹* (= Neue Heidelberger Studien zur Musikwissenschaft 20), Laaber 1992, S. 11 f.

¹⁰⁷ Vgl. Max Weber: *Zur Musiksoziologie*, in: Christoph Braun/Ludwig Finscher (Hrsg.): *Max Weber. Zur Musiksoziologie. Nachlaß 1921* (= Max Weber Gesamtausgabe, Abteilung I: Schriften und Reden, Bd. 14), Tübingen 2004, S. 145.

chungen von Hermann von Helmholtz aus dessen *Lehre von den Tonempfindungen*.¹⁰⁸ Des Weiteren zieht er Entwicklungen von Musikinstrumenten sowie deren Fertigungsprozesse mit in seine Überlegungen ein, wobei er ebenfalls, besonders bezüglich des Hammerklaviers, auf die damit verbundenen Hörgewohnheiten und der spezifischen, in 12 gleichmäßig gestimmte Halbtonschritte unterteilte Tonskala eingeht.¹⁰⁹ »In Webers Augen führt die akkordharmonische Ratio in ihrer – notwendigen – Gestalt der gleichschwebenden Temperatur zur Abstumpfung des Gehörs und zur tonsystematischen Verarmung.«¹¹⁰ Seine Überlegungen zur Genese der europäischen Musik spiegelt das künstlerische Bewusstsein der damaligen Zeit wider, das gekennzeichnet war durch die Bestrebung nach Überwindung erkannter Grenzen des Tonsystems.

Die verschiedensten, bereits vor der Jahrhundertwende erblühenden Institutionen ermöglichten es Künstlern und Wissenschaftlern neue Schritte in dieser vom Fortschritt berauschten Zeit zu wagen. Solche Institutionen und an sie angegliederte Einrichtungen konnten der Forschung Sammlungen von Objekten und Dokumenten zur Verfügung stellen und somit ein neuartig facettenreiches wissenschaftliches Arbeiten ermöglichen. Des Weiteren zog das wirtschaftliche Wachstum, unter anderem beflügelt durch den Prozess der Industrialisierung, einen Großteil der Menschen in Ballungsgebieten zusammen, die mit modernen Verkehrsmitteln leichter erreichbar und für deren Bewohner leichter erschließbar wurden. Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts etablierte sich die dafür besonders bedeutsame Infrastruktur der Schienen für die Eisenbahn. Aber auch die Linien-Schifffahrt, besonders für abgelegene Kolonialgebiete bedeutsam, trug durch geregelte und steigende Warenzufuhr, zum Wachstum Europas bei. Dieses Transportwesen, angetrieben von der Dampfmaschine als Energiequelle, unterstand deutlich mehr der Kontrolle seiner Betreiber. Die neuen und immer wieder verbesserten Motoren der Schiffe und Lokomotiven ermöglichten eine größere Zuverlässigkeit für den Antrieb, als Wind oder Zugtiere. Mit ihrer Hilfe konnte vom imperialen Europa aus einerseits die Welt in immer kürzerer Zeit bereist werden. An-

¹⁰⁸ Vgl. Christoph Braun/Ludwig Finscher: *Einleitung*, in: dies. (Hrsg.): *Max Weber. Zur Musiksoziologie. Nachlaß 1921*. (= Max Weber Gesamtausgabe, Abteilung I: Schriften und Reden 14), Tübingen 2004, S. 38 ff sowie 42 ff.

¹⁰⁹ Vgl. ebenda, S. 278 f.

¹¹⁰ Christoph Braun: *Max Webers ›Musiksoziologie‹*, S. 336.

dererseits konnte damit auch die Welt nach Europa geholt werden, was besonders für Repräsentationszwecke der untereinander konkurrierenden Großmächte betrieben wurde und in institutionalisierten Veranstaltungen, wie beispielsweise den Kolonial- oder Weltausstellungen, dem interessierten Publikum dargeboten wurde. Dennoch stieg die Rezeption solcher Veranstaltungen, nicht zuletzt vermittelt einer medialen Verbreitung durch die zunehmende Anzahl an Zeitungen und Zeitschriften, sprunghaft an und gelangte über gesellschaftliche oder soziale Grenzen hinaus an eine breite Bevölkerungsschicht. Die zunehmende Verwissenschaftlichung, die ebenfalls genährt wurde von der zunehmenden Mobilität und der damit verbundenen Schrumpfung geographischer Entfernungen, veränderte allmählich nicht nur das Verständnis der Natur und ihrer Gesetze. Auch kulturelle Quellen und Erscheinungen wurden systematisch untersucht und führten zu einem sich nach und nach verändernden Bewusstsein über die eigene – die europäische – Position innerhalb eines globalen kulturellen Gefüges.

4. Musiktechnologische Neuerungen

Die nachfolgend erläuterten technologischen Neuerungen stehen durch die mit ihnen verbundenen Ideen und Vorstellungen in einer doppelten Wechselbeziehung zu den späteren Konzeptionen und Konstruktionen ›elektroakustischer Musikinstrumente‹ und damit im Interesse dieser Untersuchung. Zunächst eröffneten Hilfsgeräte eine neue, vereinfachte Verfügbarkeit von Musik, indem sie unter derer Zuhilfenahme aufgezeichnet und nach Belieben abgerufen werden konnte. Als Folge daraus eröffneten sich wiederum den Musikinteressierten und -schaffenden neue Möglichkeiten des künstlerischen Ausdrucks, sowohl in Form neuartiger Klangerzeuger, als auch neuartigen Umgangs mit Klang durch Aufzeichnung. Technische Hilfsgeräte wurden auch von ihnen zur Komposition neuartiger Werke verwendet.¹¹¹ Die unterschiedlichen Ebenen, auf denen sich die Wirkungskraft ihrer Wechselbeziehung zur gesamten Musikkultur ausprägte, sollen näher betrachtet werden, so dass funktionale Prinzipien als neue Verfügungsformen von und über Musik im Folgenden im Mittelpunkt stehen werden. Physikalische oder bautechnische Details derartiger Hilfsgeräte sind an dieser Stelle daher weniger von Interesse und sollen anhand besonders relevanter Beispiele in einem späteren Abschnitt dieser Untersuchung näher erläutert werden.¹¹²

Bereits die Benennung dieses Abschnittes ist für die Epoche der musikalischen Moderne ein Charakteristikum. In keiner Zeit war eine Verflechtung von klingender Musik und neu entwickelten Technologien so konstitutiv für die Musik, wie ab dem ausgehenden 19. Jahrhundert. Zwar sind beispielsweise auf dem Gebiet des Musikinstrumentenbaus bereits von Beginn desselben Jahrhunderts Prozesse beobachtbar, die ein zunehmendes Durchdringen des Handwerks sowohl mit neuen Produktionsprozessen als auch spezifischen technologischen wie wissenschaftlichen Erkenntnissen bewirkten.¹¹³ Ebenso gab es in früheren Jahrhunderten bereits immer wieder Verknüpfungen zwischen Musik und Gebieten, wie beispielsweise der Mechanik. Eine

¹¹¹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.3.2) *Anwendungsbereiche neuer Technologien am Beispiel mechanischer Musikinstrumente*, S. 128–135 in dieser Untersuchung.

¹¹² Vgl. hierzu den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

¹¹³ Vgl. Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau. 15.–19. Jahrhundert, Kunst-Handwerk-Entwurf*. Leipzig 1986, S. 29 f.

mögliche Begründung für die nachhaltige Verflechtung von Musik und neu entwickelten Technologien mag unter anderem darin liegen, dass um die Jahrhundertwende eine neue Form von permanent zur Verfügung stehender Energie zunehmend Verbreitung in breiten Schichten der Gesellschaft fand. Die Verwendung von Elektrizität nicht nur als Ersatz für Muskelkraft sowie der Dampfmaschine revolutionierte die ohnehin schon rasch fortschreitende Entwicklung der Konstruktion von Motoren, aber auch zahlreicher weiterer Gerätschaften, mit deren Hilfe sowohl die Aufzeichnung als auch die Wiedergabe und schließlich die Übertragung von Musik ermöglicht werden konnte.¹¹⁴ Zwar wurden die ersten Schritte noch auf rein mechanischem Weg realisiert. Die Elektrizität und schließlich auch die Elektrotechnik wurden jedoch rasch integriert, manchmal auch unabhängig von den mechanischen Möglichkeiten parallel als alternative Realisierungshilfe angewendet.

Einen einzigen wesentlichen Aspekt um die Wende zum 20. Jahrhundert ausmachen zu wollen, der als alleiniger Auslöser der großen Veränderungen in der Musikkultur und das Entstehen der später so genannten Musikindustrie zu gelten hätte, wäre eine unzureichende Herangehensweise an die komplexe Situation dieser Thematik. Die zunehmende Verwissenschaftlichung führte, wie oben bereits erläutert¹¹⁵, zu einer enger werdenden Verknüpfung unterschiedlichster Bereiche und damit zu einem unüberschaubaren Ineinandergreifen unzähliger Faktoren, die sich auf die Musikwelt auswirken konnten. Der Einfluss technologischer Entwicklungen auf die Musikkultur, eine »...genauere medienhistorische Analyse der Auswirkungen dieser neuartigen Festschreibung und Verfügbarkeit musikalischen Klanges...«¹¹⁶ steht in der musikwissenschaftlichen Forschung jedoch noch aus. Diese Feststellung wiederholt auch Peter Donhauser, wobei ihm dabei wichtig ist zu zeigen, »...dass technische und musikalische Entwicklungen voneinander abhängen, einander bisweilen geradezu bedingen. Darunter fällt natürlich auch die technische Reproduzierbarkeit von Musik: sei es durch Druck der Noten, durch Speicherung des Klanges oder durch Steuerung von

¹¹⁴ Vgl. Edmund A. Bowles: *Art. Instruments and technology*, in: Stanley Sadie (Hrsg.) *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 12, London 2001, S. 472.

¹¹⁵ Vgl. den Abschnitt I.3. *Musikschaffen und Musikforschung um 1900*, S. 28–52 in dieser Untersuchung.

¹¹⁶ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, in: Albrecht Riethmüller (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1925–1945*, Laaber 2006 (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 2), S. 106.

Instrumenten.«¹¹⁷ Im vorliegenden Fall ist von besonderer Bedeutung die neuauflommende Medienlandschaft, die geprägt ist von Tonträgern, demzufolge von Aufnahme-prozeduren und von Wiedergabe- bzw. Übertragungsvorrichtungen unterschiedlicher Ausprägungen.

Das Entstehen einer ›Musikindustrie‹ mit ihren eigenen, neuen Gesetzen, ihren Auswirkungen auf gewohnte Infrastrukturen der Musikwahrnehmung ist nur ein Ergebnis dieser Entwicklung. Doch etwa 25 Jahre vor dem Anbruch des 20. Jahrhunderts gelangen bereits technologische Errungenschaften, die zusammengenommen eine Vielzahl neuartiger Möglichkeiten im Umgang mit Musik eröffneten. Sie sollten das technologische Fundament legen, bevor daraus resultierende wirtschaftliche Potenziale industriell ausgeschöpft werden konnten. Die wesentlichen Umwälzungen, die sich bei einer Betrachtung der unterschiedlichen Neuerungen herauskristallisierten, wurden zunächst überwiegend mit rein mechanischen Konstruktionen bewerkstelligt. Erst in Verbindung mit dem technischen Fortschritt konnten sie unabhängig voneinander und über Jahrzehnte hinweg allmählich elektrisch bzw. elektrotechnisch umgesetzt werden.

Die sich vollziehenden Umwälzungen werden durch neuartige Formen von Tonträgern, also neuen Speichermöglichkeiten und besonders durch neue Wandler, die sowohl gespeicherte akustische Ereignisse wieder hörbar machen, als besonders aber auch umgekehrt, Schallwellen zu fixieren vermögen.¹¹⁸ Die Speicherung setzt voraus, dass ein Trägermedium verfügbar ist, womit durch Aufzeichnung gewünschte Informationen derart konserviert und diese durch Rückwandlung wieder der menschlichen Wahrnehmung zugänglich gemacht werden können. Somit sind die aufkommenden Medien des ausgehenden 19. Jahrhunderts im Wesentlichen durch drei technisch zu bewerkstellende Aspekte charakterisiert, die sich allein aus der Hervorbringung bzw. dem ›Erklingenlassen‹ von Musik ergeben. Die Konservierung akustischer Ereignisse ist dabei bedingende Voraussetzung, indem sie als Fixierung gleichzeitig Ergebnis der Aufzeichnung und Voraussetzung zur Wiedergabe ist. Aufzeichnung und

¹¹⁷ Peter Donhauser: *Konserventöne, Elektrolänge und Ingenieurmusik. Anmerkungen zur Technik- und Musikgeschichte*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, S. 15.

¹¹⁸ Vgl. Martin Elste: *Art. Tonträger und Tondokumente*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel u.a. 1998, Sp. 646.

Wiedergabe selbst waren zu Anfang eng miteinander verknüpft, indem sie häufig durch ein und dieselbe Vorrichtung bewerkstelligt wurden.

Zwar sind nicht alle diese drei Aspekte genuine Errungenschaften oder Entwicklungen dieser Zeit, erfahren aber durch neuartige mechanische und elektrotechnische Umsetzungen im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts eine neue Erscheinungsform sowie durch industrielle Produktionsweisen eine sich beschleunigende Verbreitung. Die Konservierung wurde bereits in mechanischen Musikinstrumenten seit Jahrhunderten angewandt. Waren es zu Beginn noch beschichtete Walzen, erfolgte noch vor 1900 die Einführung rotierender Platten sowie in späteren Jahren die Speicherung auf Papierrollen. Im Gegensatz dazu war die Aufnahme insofern eine neue Möglichkeit, da mit ihr akustische Ereignisse originalgetreu fixiert und somit neuartig gehandhabt werden konnten. Die Wiedergabe bzw. Übertragung gemachter Aufnahmen erfolgte nun nicht mehr allein durch mechanische Musikinstrumente, sondern durch eigene Apparaturen, die für Privatmenschen erschwinglich wurden und ermöglichte die sprunghafte Verbreitung von konservierter Musik.

Allein diese drei grundlegenden Aspekte lassen einige fundamentale Auswirkungen nicht nur auf das öffentliche, sondern auch auf das private Musikleben und -erleben bereits erahnen. »Die performative Seite von Musik, über Jahrhunderte durch die Rückkopplung zwischen Notationssystem und musikalischem Material in die Rolle eines Akzidens zur textgebundenen Substanz gedrängt, wurde – wenn auch in deskriptiver, nicht präskriptiver Funktion – aufgewertet (und kehrseitig eines gewissen Maßes ihrer Unmittelbarkeit beraubt).«¹¹⁹ Diese ›Aufwertung‹ stellt sich jedoch vielmehr als eine Umwertung dar, sofern man die sprunghafte Verbreitung und damit die vereinfachte Verfügbarkeit von Musik bedenkt, die allein durch das Medium der Schallplatte erreicht wurde. War es zuvor, mit Ausnahme beispielsweise des Gesangs, unvermeidbar, ein Instrument und damit üblicherweise auch die Notenschrift zu erlernen, genügte nun die Beherrschung weniger, immer gleicher Handgriffe, um verschiedene Schallplatten abspielen zu können. Von einer ›Aufwertung‹ kann von dem Standpunkt aus gesprochen werden, wenn man die Verbreitung von Musik betrachtet, wie es Heldt unternimmt. Aus der Sicht des Hörers jedoch rückt die Musik nun aus

¹¹⁹ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 106.

dem Bereich der – wenn auch häufig privaten, so doch nicht weniger aufwendigen – Aufführung hin in den Bereich einer allzeit ohne großen Aufwand verfügbaren Abspielbarkeit und wurde damit, wie der Begriff ›Musikkonserven‹ andeutet, zu einem alltäglichen Kultur- und gar Konsumgut.

1) Mechanische Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung

Der Aspekt der Konservierung akustischer Ereignisse ist, wie bereits kurz angedeutet, prinzipiell keine charakteristische Neuerung des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Das bereits seit dem Mittelalter bestehende Gebiet der mechanischen bzw. automatischen Musikinstrumente verdeutlicht, dass der Aspekt der Konservierung schon seit Jahrhunderten mit Hilfe einfacher mechanischer Vorkehrungen bewerkstelligt werden konnte. So dürfen beispielsweise »...die kleinen Glockenspiele in astronomischen Uhren, wie sie 1354 in Straßburg, 1405 in Lübeck, 1419 in Olomouc (Olmütz), 1441 in Lund, 1490 in Prag und 1510 in Münster...«¹²⁰ errichtet wurden, zu den herausragenden Vertretern derartiger Konstruktionen in der Neuzeit gezählt werden. Mithilfe von Stiftwalzen wurden Informationen lange vor dem 20. Jahrhundert, im Grunde genommen als binäre Codes, fixiert. Binär waren sie insofern, als eine Stiftwalze – wie ihr Name bereits andeutet – entweder eine Aktion auslöst, die mit Hilfe von Stiften vermittelt wurde, oder eben nicht. Zwar können verschiedene Stifte auf verschiedenen Positionen der Längsachse einer Walze auch unterschiedliche Aktionen, beispielsweise das Anschlagen unterschiedlicher Glocken, vermitteln. Auf ein und derselben Position wird jedoch in der Regel stets die gleiche Aktion mit stets demselben Ergebnis ausgelöst. Diese Technik der Konservierung eröffnet gleichzeitig auch die, allerdings hoch spezifische, nämlich auf das jeweilige Glockenspiel bezogene Möglichkeit der Aufzeichnung und Wiedergabe. Es kann also kein akustisches Ereignis der Umwelt

¹²⁰ Dieter Krickeberg: *Automatische Musikinstrumente*, in: René Block u.a. (Hrsg.), *Für Augen und Ohren. Von der Spieluhr zum akustischen Environment* (= Akademie-Katalog 127), Berlin 1980, S. 11. Zur Entwicklungsgeschichte mechanischer Musikinstrumente vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel u.a. 1996, Sp. 1713 f.

damit fixiert werden. Lediglich die Auslöser für den Klangerzeugungsmechanismus können so in ihrer Abfolge aufeinander, innerhalb der vom Glockenspiel abhängigen Möglichkeiten, festgelegt werden. Damit handelt es sich bei dieser frühen Form der Aufzeichnung um eine Steuermechanik für eine prinzipiell beliebige Vorrichtung mit Abspielmechanismus. Die Stiftwalze stellt somit eine Übertragung musikalischer oder später auch klanglicher Vorstellungen auf den spezifischen Mechanismus zur Reproduktion dar. Die Wiedergabe erfolgte durch vom Spielmechanismus evozierte mechanische Schwingungserzeugung, beispielsweise Glocken, Metallzungen, Saiten oder auch durch Luftströme in Orgel- sowie kleinen Pfeifen. Diese doppelte Funktion von Speicherung und Steuerung für einen letztlich beliebigen Mechanismus zur Klangerzeugung trifft auch auf die später eingeführten Lochpapierbänder zu, die in mechanischen Musikinstrumenten, wie beispielsweise den selbstspielenden Klavieren oder den Welte-Reproduktionsklavieren, ihre Anwendung fanden. Gegenüber der Stiftwalze eröffneten sie eine wesentlich größere Speicherkapazität.¹²¹

Allein mit solchen einfachen mechanischen Vorrichtungen zur Konservierung und damit letztendlich auch zur Steuerung von Musik wurden zahlreiche Musikinstrumente mit unterschiedlichsten Klangerzeugungsmechanismen konstruiert. »Seit dem Ende des 16. Jahrhunderts ist eine Fülle von Musikautomaten bekannt, die wie die Orgel in Hellbrunn Bestandteil der Privatsphäre von Fürsten und reichen Bürgern waren.«¹²² Ab dem 17. Jahrhundert diversifizierten sich die Konstruktionen von Musikautomaten, so dass neben Glocken- und Orgelspielen auch feinmechanische Konstruktionen Verbreitung fanden. »Das automatische Musikwerk als kunsthandwerkliches Kleinod, versehen mit künstlichen Lebewesen oder ganzen Szenerien (Jahrmarkt, Pferderennen), oft eingebaut in Gebrauchsgegenstände, gibt es bis heute.«¹²³ Die stete Verfeinerung mechanischer Konstruktionen führte im Bereich der Musikautomaten zu Konstruktionen, die im 18. Jahrhundert als Nachbildung von Instrumentalisten ihren Höhepunkt in Verbindung mit damaliger Ingenieurskunst fand. Ein unter seinen Zeitgenossen besonders bekannter Konstrukteur von zahlreichen – nicht nur Mu-

¹²¹ Vgl. zu weiteren Ausführungen über die Stiftwalze und Lochpapierbänder den Abschnitt II.3.3) *Technologietransfer an ausgewählten Beispielen mechanischer Musikinstrumente*, S. 135–147 in dieser Untersuchung.

¹²² Dieter Krickeberg: *Automatische Musikinstrumente*, S. 15.

¹²³ Ebenda, S. 17.

sik spielenden oder dem Menschen nachempfundenen – Automaten war der Franzose Jaques de Vaucanson (1709–1782). »His life-sized flute-player (1738) blew, breathed and played twelve different melodies so convincingly like human being that it surpassed previous mechanical devices.«¹²⁴ Derartige Konstruktionen wurden nicht nur von Vaucanson geschaffen, ebenso ist heute noch beispielsweise ein automatischer Trompeter, erbaut von Friedrich Kaufmann im Jahre 1810, im Deutschen Museum zu sehen. Allerdings lag das Hauptaugenmerk dieser Androiden mehr auf der Nachbildung des Menschen selbst, wobei ihre musikalischen Fähigkeiten auch als Qualitätsmerkmal des Nachbildungsgrades wirken durften. Die Faszination solcher Android-Konstruktionen schlug sich unter anderem in E.T.A. Hoffmanns ›Der Sandmann‹ und in Jacques Offenbachs Oper ›Hoffmanns Erzählungen‹ nieder.¹²⁵

Aber nicht nur humanoide Nachahmungen, auch erste mechanische Musikinstrumente, die den Klang eines ganzen Orchesters nachempfinden konnten, wurden besonders ab dem 19. Jahrhundert konstruiert. Eines der bekanntesten Beispiele dieser Orchestrien ist das Panharmonicum Johann Nepomuk Mälzels, der als Sohn eines Mechanikers und Orgelbauers in Regensburg geboren wurde¹²⁶, zu Beginn des 19. Jahrhunderts nach Wien übersiedelte und dort schließlich den Titel ›K.K. Hofkammermaschinist‹ inne hatte.¹²⁷ Neben dem Aspekt der Kuriosität, der ein großes Publikum von Schaulustigen zu Präsentationen solcher Konstruktionen anzog, war die Verkörperung des technischen Fortschritts ein wichtiger Aspekt der Rezeption durch Zeitgenossen. Komponisten kamen mit den verschiedenen Formen der Automaten ebenfalls in Berührung und komponierten, wie die Beispiele Händels, Haydns, Leopold und Wolfgang Amadeus Mozarts, Beethovens und vielen mehr zeigen, zahlreiche Werke dafür.¹²⁸ Den mechanischen Flötenspieler erwähnt beispielsweise Johann Joachim Quantz hinsichtlich dessen beschränkter Möglichkeiten, seine Lippen zum

¹²⁴ Andrew Hugill: *The origins of electronic music*, in: Nick Collins/Julio d'Escriván (Hrsg.), *The Cambridge Companion to Electronic Music*, Cambridge 32009, S. 10.

¹²⁵ Vgl. Dieter Krickeberg: *Automatische Musikinstrumente*, S. 20 f.

¹²⁶ Jürgen Hocker: *Mechanische Musikinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 342.

¹²⁷ Vgl. ders.: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1717.

¹²⁸ Vgl. ebenda, Sp. 1726 ff. Darüber hinaus vgl. Kapitel 6 ›Kompositionen des 17. und 18. Jahrhunderts‹ und Kapitel 7 ›Kompositionen der Wiener Klassik‹, Ernst Simon: *Mechanische Musikinstrumente früherer Zeiten und ihre Musik*, Wiesbaden 1980, S. 41–97.

Spiel einzusetzen.¹²⁹ Obgleich zahlreiche Musikautomaten unterschiedlichster Gestaltung, von kleinen Taschenuhren bis hin zu schrankgroßen Orchestrien, erhalten sind, blieb ihre Verbreitung eng an soziale Funktionen bzw. Schichten gebunden. »Glockenspiele beeinflussten den Tagesablauf der Bewohner einer Stadt wie kein anderes ›Musikinstrument‹. Hingegen dienten die kunstvollen Uhren und Tafelaufsätze mit Musikwerken des 16. und 17. Jh. [...] vorwiegend der Repräsentation bzw. als wertvolle Geschenke [...].«¹³⁰ Prinzipiell sind sie als Zwischenform von Musikinstrument und Medium zu betrachten, da ›gespeicherte‹ Werke wiedergegeben werden konnten. Die bislang aufgezeigten Vorgänge der Übertragung von Musik auf die spezifische Mechanik eines Musikautomaten stellen zwar prinzipiell Möglichkeiten der Konservierung, Aufzeichnung und Wiedergabe dar. Allerdings konnten akustische Ereignisse nicht, wie es beispielsweise die Fotografie mit optischen Erscheinungen schaffte, als ein originalgetreues Abbild ihres realen Erklings festgehalten werden. Lediglich Musik, nicht aber Sprache oder Geräusch konnte fixiert und dadurch realisiert werden. Selbst die Musik war direkt gekoppelt an die konzeptionelle Ausarbeitung der vom Konstrukteur erdachten Klangmöglichkeiten.

Der Aspekt der Aufzeichnung akustischer Ereignisse jeglicher Art scheint erst durch den Edison-Phonograph bewältigt worden zu sein, wie es häufig angegeben wird. Die Behauptung, dass die »...älteste Klangaufzeichnung der Geschichte [...] aus dem Jahre 1877...«¹³¹ stamme, muss wiederum präzise gefasst werden, da der Phonograph zwar ein Gerät zur Aufzeichnung war, Edisons Bestreben allerdings ebenso darin lag, die verrichteten Aufzeichnungen auch wieder abspielen zu können. In der Tat war die bloße Aufzeichnung von akustischen Ereignissen bereits früher erfolgt, der allerdings weniger der Hintergedanke einer möglichen Wiedergabe zugrunde lag. »Die Geschichte der Aufzeichnung von Lautschwingungen beginnt im Jahre 1830, durch den

¹²⁹ Johann Joachim Quantz: *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen*, Nachdruck der 3. Auflage, hrsg. von Hans-Peter Schmitz, Breslau 1789 (= Documenta Musicologia II), Kassel u.a. 1953, S. 46.

¹³⁰ Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1725.

¹³¹ Rudolf Frisius: *Musik und Technik. Veränderungen des Hörens – Veränderungen im Musikleben*, in: ders./Helga de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musik und Technik. Fünf Kongreßbeiträge und vier Seminarberichte*, Mainz 1996 (= Veröffentlichungen des Instituts für Neue Musik und Musikerziehung Darmstadt 36), S. 39. Ebenso wird Edison als Erfinder des Phonographen von Martin Elste genannt in ders.: Art. *Tonträger und Tondokumente*, Sp. 647.

Göttinger Physiker Wilhelm Weber.«¹³² In Frankreich wiederum gelang es Edouard-Léon Scott de Martinville im Jahre 1857 mit seinem Phonautograph, Aufzeichnungen, nicht jedoch Wiedergaben davon zu machen. Erst 2008 konnten de Martinvilles Aufzeichnungen abgespielt werden, die dieser selbst lediglich optisch fixieren konnte.¹³³ Ebenso findet sich eine Aufzeichnung von akustischen Schwingungen in Hermann von Helmholtz *Lehre von den Tonempfindungen* von 1863, wobei jedoch der periodische Wellencharakter akustischer Ereignisse illustriert werden sollte.¹³⁴ Erst die Möglichkeit der Rückführung aufgezeichneter Schwingungen in ihre akustische Erscheinungsform durch den Phonographen bereitet den Weg einer umwälzenden Entwicklung, nicht allein in der Musik.



Abb. I-1: Ein Phonograph der Edison Phonograph Company, Modell Orange aus dem Jahr 1898 aus der Sammlung des Musikinstrumenten-Museum Berlin. Im Gegensatz zu den ersten Modellen ist dieses Gerät bereits mit einem Spiralfederantrieb ausgestattet, der mit Hilfe des links am Gerät zu sehenden Schlüssels aufziehbar ist. Die Membran mit der Nadel in ihrer Mitte ist am hinteren Ende des abnehmbaren Schalltrichters zu erkennen. Eine Walze ist in dieser Aufnahme nicht eingelegt. Mit freundlicher Genehmigung des Musikinstrumenten-Museums Berlin, SIM PK, Kat.-Nr. 4216.

Der Erfinder dieser Vorrichtung, Thomas Alva Edison, zeichnete seine eigene Stimme bei einer der ersten Vorführungen auf, bevor er diese Aufnahme dem Publikum vor-

¹³² Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, in: Bildungswerk des Verbandes Deutscher Tonmeister (Hrsg.), 16. *Tonmeistertagung Karlsruhe 1990. Internationaler Kongreß mit Fachausstellung vom 20. bis 23. November 1990 in der Stadthalle. Bericht*. Berlin 1991, S. 375.

¹³³ Vgl. Greg Milner: *Perfecting Sound Forever. An Aural History of Recorded Music*, New York 2009, S. 23. Über die Wiedergabe der Aufzeichnungen gibt Milner in der dortigen Fußnote kurze Auskunft.

¹³⁴ Vgl. Hermann von Helmholtz: *Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig 1863, S. 33 f. Ebenso: Florian Zwißler: *Elektronisch aus Klangwissen erzeugte Musik. Klangsynthese – Ein Begriff mit Unschärfen*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 139/2013, S. 21.

spielte.¹³⁵ Noch deutlich vor dem Anbruch des 20. Jahrhunderts gelang es ihm, die drei Aspekte der Aufnahme, der Speicherung und der Wiedergabe in einem Gerät, das darüber hinaus noch relativ einfach bedienbar war, zu vereinigen. Das tatsächlich revolutionäre dieser Erfindung war also nicht allein die Speicherung oder allein die Aufnahme bzw. Wiedergabe. Es war die neue Art der Speicherung mit Hilfe einer rotierenden Walze, die zunächst mit Zinnfolie bespannt war. Darauf konnten die akustischen Ereignisse mit Hilfe einer Membran, in deren Mitte eine Nadel saß und die durch akustische Ereignisse in Schwingung geriet, eingeritzt werden. Neben der Aufnahme wurden somit einerseits die Konservierung und andererseits in einer Umkehrung des Prozesses die Wiedergabe ermöglicht.¹³⁶ Alle drei Aspekte erforderten ein Material, das als Informationsträger fungieren konnte und daher mechanisch veränderbar, also formbar sein musste. »Da die Zinnfolie auf seinen [Edisons] Walzen nur eine schlechte ›Empfindlichkeit‹ hatte, beschichtete er später seine Walzen mit Hartwachs.«¹³⁷ Durch ihre bessere Formbarkeit mit Hilfe eines Stifts bzw. Schneidstichels konnten die neuen Walzen mit Schallereignissen ›beschrieben‹ werden und diese konservieren. Darüber hinaus konnten von den Wachswalzen auf einfachem Weg Kopien gemacht werden, so dass eine Vervielfältigung der Aufzeichnungen ebenfalls möglich war.¹³⁸

»Of all the writer's inventions, none has commanded such profound and earnest attention throughout the civilized world as has the phonograph. This fact he attributes largely to that peculiarity of the invention which brings its possibilities within range of the speculative imaginations of all thinking people, as well as to the almost universal applicability of the foundation principle, namely, the gathering up and retaining of sounds hitherto fugitive, and their reproduction at will.«¹³⁹

Mit der Möglichkeit zur Aufnahme und der Verwendung von Wachswalzen als einem formbaren Medium zur Speicherung, funktionierte der Edison-Phonograph zunächst mit rein mechanischen Mitteln. Durch die Verwendung einer Membran als schwin-

¹³⁵ Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter. Von der Edison-Walze zur Bildplatte*, Berlin 1971 (= Buchreihe des SFB 11), S. 20.

¹³⁶ Vgl. Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, S. 376.

¹³⁷ Ebenda.

¹³⁸ Vgl. Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 21 f.

¹³⁹ Thomas Alva Edison: *The Phonograph and its Future*, in: *The North American Review* 126/262 (1878), S. 527.

gungsfähigen Körper konnte sie in Form eines Schallwandlers sowohl zur Aufnahme, als auch zur Wiedergabe dienen. Die fertig beschriebene Wachswalze wiederum erfüllt bei einer Wiedergabe die gleiche Funktion der Auslösung eines mechanischen Reproduktionsvorgangs, wie beispielsweise die Stiftwalze oder das Lochpapierband in mechanischen Musikinstrumenten. Spätere Modelle ersetzten den Betrieb der Walze mit Handkurbel zunächst durch Antrieb mit einem Uhrwerk, schließlich mit einem elektrischen Motor, dessen gleichmäßige Drehbewegung bei Aufzeichnung und Wiedergabe eine große Verbesserung bedeutete. Wie oben bereits erwähnt, wurde der wissenschaftliche Wert des Edison-Phonographen von Musikforschern, wie beispielsweise Carl Stumpf, aber auch Béla Bartók, rasch erkannt und genutzt.¹⁴⁰ Aber auch Komponisten kamen mit diesem Gerät in Berührung und wurden bisweilen als Interpreten ihrer eigenen Werke aufgenommen, darunter auch Claude Debussy.¹⁴¹ Für die allgemeine Musikwelt wurde jedoch die nun mögliche, bereits 1887 von dem deutschstämmigen Emil Berliner in den Vereinigten Staaten zur Grammophonplatte weiterentwickelte Möglichkeit der Konservierung, vor allem von Musik, einflussreich.¹⁴²

Im Gegensatz zu den Wachswalzen von Edison verwendeten die Schallplatten Berliner keine ›Tiefenschrift‹, sondern eine ›Seitenschrift‹, bei der die abtastende Nadel durch seitliche Auslenkung in Schwingung versetzt wird. Diese Änderung verbesserte bereits die Wiedergabequalität von Grammophongeräten nach Berliners Bauweise, da »...es nicht solche Gleichlaufprobleme für die mechanischen Antriebssysteme [gibt] wie bei der Tiefen- oder ›Edison-Schrift‹, wo bei einer großen Amplitude der Reibungswiderstand erheblich steigt.«¹⁴³ Zahlreiche Firmen zur Produktion von Abspielgeräten wie auch den dafür geeigneten Medien, zunächst noch in Konkurrenz zum Phonographen, wurden gegründet. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts »...stellten sich die Firmen von der Walze auf die Schallplatte um, Pathé im Jahre 1907 und die amerikanische Columbia schließlich 1912, die einst mit der Massenproduktion der Walze

¹⁴⁰ Vgl. hierzu den Abschnitt I.3.2) *Musikforschung*, S. 41–52 in dieser Untersuchung.

¹⁴¹ Vgl. Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 23 ff.

¹⁴² Vgl. ebenda, S. 21.

¹⁴³ Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Koblelektrophon*, S. 377.

angefangen hatte.«¹⁴⁴ Die Verbreitung von Grammophonen und Abspielplatten steigerte sich durch die zunehmend günstigeren Angebote, die nicht allein wegen des harten Konkurrenzdrucks, sondern auch durch die technischen Weiterentwicklungen ermöglicht wurden. Es beeinflusste die Musikkultur besonders hinsichtlich privater Konventionen. Gegenüber dem eigenständigen Musizieren war schließlich »...das Grammophon [...] ein weitaus billigerer (und anstrengungsärmerer) Weg, Musik ins Haus zu bringen.«¹⁴⁵ Somit wurden die musikalische Ausbildung an Stimme oder Instrument sowie das Vorhandensein von Instrumenten und die damit verbundenen ›Anstrengungen‹ für einen ›Konsum‹ von Musik obsolet. Ihr ›Erleben‹ war nun mit Grammophon und Schallplatte für eine wesentlich größere Zahl von Menschen zugänglich gemacht worden. Auch die Absatzzahlen, besonders für Schallplatten, verdeutlichen die immense Verbreitung des neuartigen Mediums. Bereits kurz nach der Jahrhundertwende war die französische Firma Pathé »...die erste, die die Millionenauflage in Europa überschritt.«¹⁴⁶ In Deutschland hielt das Wachstum des Absatzes bis 1929 an und erreichte mit 30 Millionen seinen Höhepunkt. In den USA wurden 1927 knapp 100 Millionen Platten verkauft. Die Weltwirtschaftskrise einerseits, die Verbreitung eines neuen, alternativen Mediums, dem Rundfunk andererseits, führten zu einem radikalen Einbruch der Plattenproduktion, die in Deutschland bis 1935 auf fünf Millionen, in den USA bis 1932 auf sechs Millionen fiel.¹⁴⁷ Die allgemeine Krise der Schallplattenindustrie bewog schließlich Unternehmen wie Telefunken, das 1903 ursprünglich als Gesellschaft für Drahtlose Telegraphie gegründet worden war, zur Übernahme kleinerer Plattenfirmen. Im Falle Telefunken handelte es sich dabei um die Firma Ultraphon, die über eine Sammlung von 3000 metallenen Master-Platten verfügte.¹⁴⁸

Der Aspekt der Aufzeichnung änderte sich hinsichtlich des zu beschreibenden Mediums, Edison-Walze oder Berliners Platten, kaum. Der Schall wurde stets auf das Medium durch Umwandlung der Luftdruck-Schwingungen in Schwingungen einer

¹⁴⁴ Ebenda.

¹⁴⁵ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 108.

¹⁴⁶ Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 25.

¹⁴⁷ Vgl. ebenda, S. 57. Für die Angaben in den Vereinigten Staaten vgl. Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 109.

¹⁴⁸ Vgl. Rainer Lotz: Art. *Telefunken*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians*, Bd. 25, London 2001, S. 197.

Membran vollzogen. Im Laufe der Jahre verfeinerten die verschiedenen Grammo-phon- und Plattenproduzenten besonders diese Aufnahmevorrichtung. Sowohl das Material der Membran, wie auch das des Trichters, durch den der aufzuzeichnende Schall auf die Membran fokussiert werden sollte, wurden variiert. »Die Konstruktion der Aufnahmeschalldosen war fortan das große Geheimnis der Gesellschaften.«¹⁴⁹ Trotz zahlreicher Experimente und Varianten verblieb die mechanische Aufnahme, besonders hinsichtlich großer Ensembles, in ihrem Ergebnis recht ineffizient. Die Behelfsmaßnahme durch Konstruktion sogenannter Strohgeigen unterstreicht die Unzufriedenheit mit den Aufnahmeschalldosen.¹⁵⁰ Konnte nach zahlreichen Versuchen und Weiterentwicklungen nicht zu einem vollständig befriedigenden Ergebnis kommen, wandte man sich der Modifizierung der aufzunehmenden Instrumente zu, ohne damit jedoch das gewünschte Qualitätsniveau zu erreichen. Nunmehr waren Aufzeichnungen von akustischen Ereignissen prinzipiell jeglicher Art, in Verbindung mit deren Speicherung sowie deren wiederholbare Abspielbarkeit, auf mechanische Weise ermöglicht und industriell verwertet bzw. vermarktet worden.

2) Elektrifizierte Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung

Waren die drei Aspekte der Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung bereits im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts auf mechanischem Wege verfügbar, so wurden sie, in Verbindung mit dem technischen Fortschritt, zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf elektrotechnische Weise weiterentwickelt. Alternative Formen von Tonträgern sowie Speicher- und Abspielformen verbreiteten sich ab dem Beginn des 20. Jahrhunderts. Zwar wäre es, wie aufgezeigt werden wird, verfehlt, anzunehmen, dass die grundlegenden Ideen der elektrotechnischen Umsetzung aller drei Aspekte ebenfalls erst zu

¹⁴⁹ Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, S. 377.

¹⁵⁰ Bei den Strohgeigen, handelt es sich um Geigeninstrumente, die erstmals zwischen 1899 und 1901 von Johannes Matthias August Stroh in London konstruiert wurden. Gegenüber herkömmlichen Geigen haben sie keinen Resonanzkörper, sondern ihr Klang wird durch einen Trichter verstärkt, der vom Spieler weg, hin zu den Aufnahmeschalldosen gerichtet war. Vgl. Hugh Davies: Art. *Stroh violin*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 24, London 2001, S. 602.

Beginn des 20. Jahrhunderts aufkamen. Erstaunlicherweise wurden parallel zu Edisons Arbeit bereits die konzeptionellen Grundlagen für erste Vorrichtungen gelegt, womit Konservierung, Wiedergabe und Aufnahme mit elektrotechnischen Vorrichtungen bewerkstelligt hätten werden können. Dass sich zunächst dennoch der Edison-Phonograph als Aufzeichnungsgerät durchsetzte, mag daran gelegen haben, dass er ohne großes Spezialwissen sowie in seinen frühen Modellen auch ohne Elektrizität zu bedienen war und alle drei Aspekte in einer Konstruktion vereinte. Daneben war sein Gesamtgewicht und das der Walzen recht gering, was wiederum besonders hinsichtlich der Verwendung zu Feldforschungen ein nicht zu unterschätzender Faktor war.

Erst nachdem im Laufe der ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts die Infrastruktur zur Versorgung der gesamten Bevölkerung mit Elektrizität zum größten Teil fertiggestellt war und die Elektrotechnik sich zu einer eigenständigen Industrie entwickelt hatte, konnten die Aspekte der Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung mit Hilfe dieses neuen technologischen Wissens umgesetzt werden.¹⁵¹ Ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal zwischen mechanischer und elektrifizierter Realisierung ist der vermehrte Aufwand elektrotechnischer Konstruktionen bzw. Geräten gegenüber der Möglichkeit einer alle Aspekte vereinenden, mechanischen Konstruktion, dem Phonographen. Die Konservierung auf elektrotechnischer Weise erfolgte durch das erst Jahrzehnte nach seiner Erfindung zum Standard avancierte Magnettonband. Die Wiedergabe wurde bereits vor den Abspielgeräten für Magnettonbänder in revolutionärer Weise durch die Einführung des Rundfunks beeinflusst, die Aufzeichnung wurde mit Hilfe des Mikrophons elektrifiziert.

Die Suche nach einem alternativen Weg zur Konservierung akustischer Ereignisse durch Edisons Phonographen, begann besonders mit dem Ziel, die Qualität der Wiedergabe – und damit verbunden natürlich auch der Konservierung selbst – zu verbessern und beginnt mit den Konstruktionen Oberlin Smiths. »Zeitlebens für alle technischen Neuerungen aufgeschlossen, traf Smith Ende 1877 oder Anfang 1878 mit Edison zusammen, also kurz nach der Erfindung des Phonographen. Smith erkannte so-

¹⁵¹ Vgl. zu der Entwicklung der Elektrizität und Elektrotechnik den Abschnitt II.4.2) *Elektrizität und Elektrotechnik*, S. 157–163 in dieser Untersuchung.

wohl das Erfindungs-Potential dieses Geräts als auch seine Schwächen.«¹⁵² Die Tiefenschrift einer Walze nach Edison barg mechanische Probleme, ebenso wie der Prozess des Lesens dieser Schrift durch einen Stichel bzw. eine Nadel.¹⁵³ Das Auftreten von Störgeräuschen sowie eine rasche Abnutzung der Walzen und der Lesevorrichtung sollten durch eine völlig andere Herangehensweise beseitigt werden. Dabei sollte die Konzeption der Vereinigung aller drei Aspekte in einer einzigen Konstruktion zunächst noch beibehalten werden.

Allein zwei Grundideen stellen Oberlin Smiths ideellen Weg von der Walze zum Tonband dar, dessen technische Umsetzung allerdings mehrere Jahre in Anspruch nahm. Zunächst erreichte er durch das Aufschneiden des Zylinders bzw. dessen mit Wachs beschichteter Folie zu einen schmalen Streifen, dass der Informationsträger nun die Form eines Bandes hatte. Er konnte nun gewickelt und dadurch hinsichtlich seiner beschreibbaren Fläche, also der Aufnahmedauer, bedeutend verlängert werden.¹⁵⁴ Die zweite Idee betraf die Art der Speicherung, die durch Veränderung »...des ›magnetischen Profils‹ des Trägers, anders gesagt, [...]durch trägheits- und massefreie Zustandsänderung des Magnetflusses längs des Trägers durch ein Magnetfeld...«¹⁵⁵ vollzogen werden sollte. Ebenso wie Edison konnte auch Smith mit seiner Idee simultan die Möglichkeit zur Wiedergabe in ein und derselben Vorrichtung mitkonzipieren, indem durch Umkehrung des Magnetisierungsprozesses, also dem induktiven Abtasten der magnetischen Felder auf dem Band die gespeicherten Informationen wieder in akustische Ereignisse zurückgewandelt wurden.¹⁵⁶ Die konkrete Form des Bandes zur magnetischen Speicherung akustischer Ereignisse beruhte bei den Konstruktionen Oberlin Smiths noch auf der damals gängigen, jedoch falschen Lehrmeinung, dass die Magnetisierung eines ferromagnetischen Stoffes sich auf dessen gesamte Fläche bzw. Länge ausbreite. Diese Annahme führte ihn zur Verwebung kleiner

¹⁵² Frank Bell u.a.: *Zeitschichten: Magnetbandtechnik als Kulturträger. Erfinder-Biographien und Erfindungen* (=Weltwunder der Kinematographie 9), Potsdam 2009, S. 10.

¹⁵³ Vgl. zu Erläuterungen über die Tiefenschrift den Abschnitt I.4.1) *Mechanische Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 57–65.

¹⁵⁴ Vgl. Frank Bell u.a.: *Zeitschichten: Magnetbandtechnik als Kulturträger*, S. 10.

¹⁵⁵ Ebenda, S. 11.

¹⁵⁶ Vgl. ebenda.

Eisenpartikel mit einem Baumwollfaden, der zum einen die Partikel voneinander isolierte, zum anderen jedoch die Transportbewegung ermöglichte.¹⁵⁷

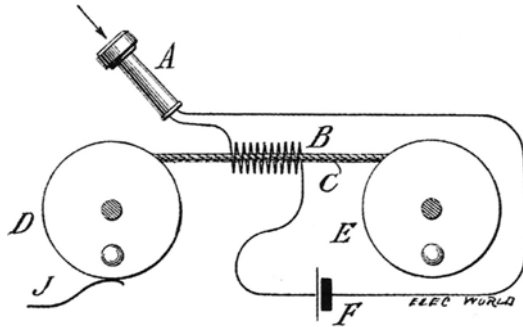


Abb. I-2: Schaltskizze des elektrischen Phonographen Oberlin Smiths, hier in Aufnahme-position.

A = Mikrophon/Lautsprecher; B = Spule; C = Informationsträger; D, E = Bandrollen; F = Batterie; J = Feder zur Spannungshaltung des Informationsträgers.

Illustration aus *Some possible Forms of Phonograph*, in *The Electrical World*, von 1888.

In den knappen Ausführungen zur Entwicklung musikbezogener Technologien, die in der gegenwärtigen Musikforschung zu finden sind, wird zumeist ein anderer Name mit den Anfängen der magnetischen Speicherung verbunden: »Versuche der Klangspeicherung mit magnetisierten Draht- oder Bandsystemen hatte es seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert und Valdemar Poulsens ›Telegraphon‹ von 1898 gegeben.«¹⁵⁸ In der Tat wurde Smith auf der Pariser Weltausstellung von 1900 mit der Konstruktion Poulsens konfrontiert. Diesem wurde »...das US Patent 661.619, *Method of Recording and Reproducing Sounds or Signals*, einen Tag nach Schluss der Pariser Weltausstellung, also am 13. November 1900, erteilt.«¹⁵⁹ Bereits im Februar desselben Jahres wurde ihm das deutsche Patent DE 109569, *Verfahren zum Empfangen und zeitweisen Aufspeichern von Nachrichten, Signalen o.dgl*, nach seinem Antrag vom 10. Dezember 1898 erteilt.¹⁶⁰ Allerdings blieb auch Poulsens Konstruktion trotz der großen Aufmerksamkeit, die ihr während der Weltausstellung entgegengebracht wurde, ohne nachhaltige Auswirkung hinsichtlich einer Verwendung für musikalische Zwecke. Selbst nachdem es 1907 zu der Gründung der ›American Telegraphone Company‹ kam, die eine Version des Telegraphons mit Federwerkantrieb verfertigte und als Diktiermaschine für den Bürobedarf auf dem u.s.-amerikanischen Markt anbot, blieb ein größerer Erfolg allerdings aus.¹⁶¹ Ein Grund dafür war sicherlich die, trotz einiger unternommener Versuche, noch ungelöste Möglichkeit der Verstärkung aufgenommener akustischer Ereignisse. »Eines der Handikaps der Telegraphone war,

¹⁵⁷ Vgl. ebenda.

¹⁵⁸ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 113.

¹⁵⁹ Frank Bell u.a.: *Zeitschichten: Magnetbandtechnik als Kulturträger*, S. 14.

¹⁶⁰ Vgl. ebenda, S. 16 f.

¹⁶¹ Vgl. ebenda, S. 20.

dass sie nicht die Lautstärke eines Telefons erreichten (und darin auch dem mechanischen Grammophon klar unterlegen waren)[...].«¹⁶²

Es musste zunächst noch ein technologischer Zwischenschritt erfolgen, der die gesamte Vielfalt elektrotechnischer Konstruktionen und Entwicklungen revolutionieren sollte. Ein, bis dato noch ungelöstes Problem elektrischer Realisierung der Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung war die mangelhafte Umwandlung bzw. Nachbildung mechanischer Schwingungen, im vorliegenden Falle der Luftdruckschwankungen bzw. Schallwellen in elektrische Schwingungen. Die Lösung für dieses Problem konnte durch die Elektronenröhre geleistet werden, die im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts erfunden und durch den Amerikaner Lee de Forest zur Triode weiterentwickelt wurde.¹⁶³ Im Mittelpunkt de Forests Interesse stand allerdings weniger die direkte Erzeugung von Tönen. Bereits 1909 bewerkstelligte er eine der ersten Funkübertragungen der *Cavaleria Rusticana* aus der Metropolitan Opera in New York.¹⁶⁴ Einen institutionalisierten Rundfunk gab es zu diesem Zeitpunkt noch nicht. Trotz solcher Anfangserfolge mit der nun möglichen Verstärkung elektrischer Schwingungen stieg das Interesse an der Funkübertragung noch nicht an. Das Interesse an Poulsens Telegraphon verblasste nach der Pariser Weltausstellung ebenfalls. Erst Jahre später rückte die Bandtechnik, nun in der weiterentwickelten Form von Curt Stille und Waldemar Hagemann, wieder in den Mittelpunkt öffentlichen Interesses. »Mehr Aufmerksamkeit erzielte der ›Stillesche Schreiber‹ bei der ersten ›Tagung für Rundfunkmusik‹ am 3. Mai 1928 im Theatersaal der Hochschule für Musik in Berlin-Charlottenburg, die sich, ausgesprochen fortschrittlich, eine *Rundfunkversuchsstelle* zugelegt hatte (zu ihren Mitarbeitern gehörten Musiker wie Paul Hindemith und Oskar Sala, bekannt als einziger Spieler des ›Trautoniums‹ seines Ingenieur-Kollegen Friedrich Trautwein).«¹⁶⁵ Auf die Verknüpfung von neuen Technologien und dem

¹⁶² Ebenda, S. 19.

¹⁶³ Vgl. Joachim Stange-Elbe: *Das andere Musikinstrument*, S. 266. In Fußnote 3 wird die Problematik der tatsächlichen Urhebererschaft angedeutet.

¹⁶⁴ Vgl. Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 30. Ansgar Diller nennt das Jahr 1910 für die erste kabellose Übertragung eines Sängers aus der Metropolitan Opera. Vgl. ders.: Art. *Rundfunk und Fernsehen*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 8, Kassel u.a. 1998, Sp. 611–640.

¹⁶⁵ Frank Bell u.a.: *Zeitschichten: Magnetbandtechnik als Kulturträger*, S. 25. Bei der hier erwähnten Veranstaltung handelt es sich in der Tat um die Eröffnungsfeier der Rundfunkversuchsstelle. Vgl. auch das Programmblatt der Eröffnungsfeier, Universität der Künste, Universitätsarchiv, Bestand 1b, Nr. 1

konkreten Instrumentenbau durch die vermittelnde Institution der Rundfunkversuchsstelle wird an späterer Stelle allerdings noch einzugehen sein.¹⁶⁶ Zunächst ist festzuhalten, dass in ihr die Entwicklungsstränge von Konservierung, Wiedergabe bzw. Übermittlung sowie der Aufzeichnung zusammenlaufen und dem Ausbildungslehrplan sowie der Forschungsarbeit angegliedert wurden.¹⁶⁷

Bereits die Namensgebung dieser Forschungseinrichtung weist auf die Verbindung der Rundfunktechnik und der – nach heutiger Terminologie – elektroakustischen Musik. Die technologischen Parallelen zwischen Rundfunktechnik und den damaligen Konstruktionen zur elektroakustischen Klangerzeugung sind dabei das verbindende Moment. Die Elektrifizierung der drei Aspekte führte bereits vor der Jahrhundertwende Musik mit der Technologie der Signalübertragung zusammen, wie sie in der Telegraphie im 19. Jahrhundert ihren Anfang genommen hat. Telegraphie und die später folgende Telefonie waren beide selbst jeweils revolutionäre Entwicklungen hinsichtlich der dadurch ausgelösten Beschleunigung von Kommunikationsvorgängen, der die Beschleunigung von Warentransportvorgängen auf See und Land durch die Antriebskraft der Dampfmaschine und später auch weiterer Motoren gegenüber steht.

Eine Übertragung von akustischen Ereignissen wurde zunächst in Form simpler Töne mit unterschiedlicher Frequenz durch die Telegrafie, später in Form der Übertragung von Sprache und auch Musik durch die Telefonie geleistet. Allerdings konnte dies stets lediglich in Form einer ›direkten‹ Übertragung erfolgen, ohne die akustischen Ereignisse fixieren zu müssen, was in Verbindung mit Telegrafie und besonders der Telefonie zunächst auch kein charakteristisches Ziel gewesen wäre, da es sich dabei um Mittel der Kommunikation handelte. Der als revolutionär empfundene Aspekt war dabei eben die direkte Übermittlung von Informationen ohne zeitliche Verzögerung. Erst Valdemar Poulsens Telegraphon und dessen Weiterentwicklungen, beispielsweise durch Curt Stille, wurden auch als Nachrichtenspeichergeräte für Telefone,

unfoliiert. Höchstwahrscheinlich meint Bell die gleichzeitig, vom 7. bis 9. Juni in Göttingen stattfindende erste Tagung für Rundfunkmusik.

¹⁶⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 in dieser Untersuchung.

¹⁶⁷ Vgl. hierzu die Auflistung der Unterrichtskurse in: Georg Schünemann (Hrsg.), *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 52f.

also den Urvätern des Anrufbeantworters, oder als Diktiergeräte für den Bürobedarf, konzipiert.

Ebenfalls aus dem Bereich der Signalübertragung entstammt eine Entwicklung, die an dieser Stelle genannt werden muss. Das Prinzip des Lichttonverfahrens geht auf die 1873 gemachte Entdeckung von Smith und May zurück, dass der elektrische Widerstand von Selen sich unter Lichteinwirkung ändert.¹⁶⁸ Zunächst konstruierte Ernest Mercadier 1888 eine Vorrichtung, in der ein Lichtstrahl durch eine sich drehende, mit konzentrischen Löchern versehene Scheibe auf eine Selenzelle fällt. Je nach Drehgeschwindigkeit änderte sich damit die Frequenz des erzeugten Wechselstroms.

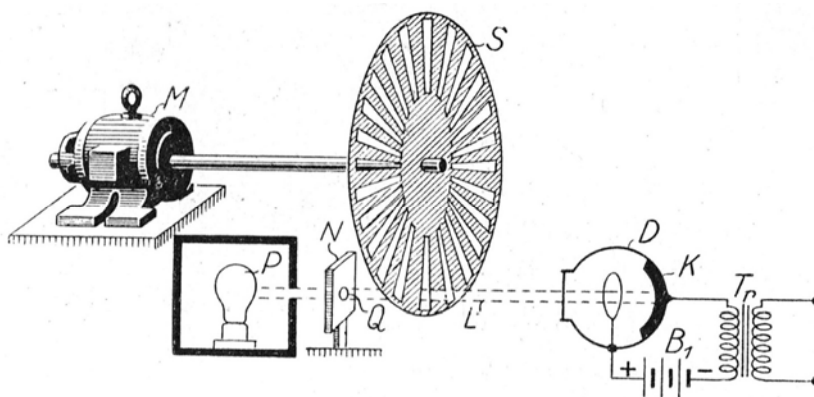


Abb. I-3: Schaltskizze für eine Lichttonsirene nach Mercadier. M = Motor; S = Scheibe mit Lichtschlitzen; P = Lichtquelle; N, Q = Linsen; D = Selenzelle; K = Kathode; B = Batterie; Tr = Transformator. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums Berlin SIM PK. Re4 JE 13.

»Während Mercadier diese Anordnung ausschließlich für Zwecke der Mehrfachtelegraphie benutzte, hat H[enry]. J. van der Bijl [...] hiermit im Jahre 1916 erstmalig musikalische Töne erzeugt.«¹⁶⁹ Neben der Tonhöhenänderung erreichte van der Bijl auch eine Klangfarbenänderung durch die Addition von Grund- und Obertönen sowie der Übersteuerung einer Elektronenröhre.¹⁷⁰ Besondere Bedeutung erlangte dieses Verfahren durch die Kombination mit der Filmtechnik. Hierfür waren die Arbeiten Eugen Reinickes im Jahre 1910 von großer Bedeutung, da er gleichzeitig mit dem laufenden Film auch Tonaufnahmen wiedergeben konnte. Zunächst erfolgte dies noch durch getrennte Bild- und Tonaufnahmen.¹⁷¹ Die Tonspur bestand dabei aus den gewünschten Klängen entsprechenden, weißen Wellenformen auf schwarzem Untergrund und wurde an der Seite der Bildaufnahmen angebracht, was als Lichttonfilm

¹⁶⁸ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 154.

¹⁶⁹ Ebenda.

¹⁷⁰ Vgl. ebenda.

¹⁷¹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 52.

bekannt wurde.¹⁷² Zudem wurde mit dieser Art der Konservierung und Wiedergabe akustischer Ereignisse allerdings auch eine Alternative zur damaligen Schallplatte gesucht, indem die Tonspur auf Papier festgehalten wurde. Das Patent für derartige Verfahren wurde der *Telegraphie-Gesellschaft m.b.H. System Stille* am 20. Juni 1919 mit der Nummer 321790 erteilt.¹⁷³ »Die begrenzte Spieldauer der Schallplatte und die starke Abnützung durch mehrfachen Gebrauch ließen die optischen Verfahren auch Jahre später noch als Lösung des Problems erscheinen.«¹⁷⁴ Damit stand das Lichttonverfahren, zumindest in seiner Form als Konservierung und Wiedergabe akustischer Ereignisse, dem Magnettonband sehr nahe.

Nicht nur die Signalerzeugung als Potenzial einer Tonerzeugung, sondern auch die Übermittlung dieser Signale sowie ihre Rückwandlung in hörbare Form standen in unterschiedlicher Weise Pate für die Lösung zahlreicher technischer Probleme sowie für die Eröffnung neuer konzeptioneller Perspektiven einer elektrotechnisch hervorbrachten Musik.¹⁷⁵ Die Patenschaft wird noch zusätzlich unterstrichen durch Konstruktionen zahlreicher Telekommunikationsforscher der damaligen Zeit, wie den oben bereits erwähnten Konstruktionen, dem Phonographen Edisons und dem Audion Lee de Forests¹⁷⁶ sowie dem bereits knapp 30 Jahre früher von Elisha Grey entwickelten musical telegraph.¹⁷⁷ Diese Errungenschaft konnte Grey bereits 1877 der Öffentlichkeit vorführen. Am zweiten April wurde das Spiel des Pianist Frederick Borcovitz auf dem zwei Oktaven umfassenden musical telegraph aus der New Yorker Steinway Hall in das Büro der Western Union in Philadelphia übertragen, ein Jahr nachdem seinem Konkurrenten Alexander Graham Bell bereits ein Konzert übertragen hatte. Sie leiteten mit ihren Vorführungen eine Ära der sogenannten Telefonkon-

¹⁷² Vgl. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 78.

¹⁷³ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 54 f. Darüber hinaus vgl. ebenda, Patentliste, S. 280.

¹⁷⁴ Ebenda, S. 56.

¹⁷⁵ Vgl. hierzu Abschnitt II.5.1) *Telharmonium*, S. 180–185 sowie Abschnitt II.5.2) *Theremin*, S. 186–191 in dieser Untersuchung.

¹⁷⁶ Vgl. hierzu Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1727 f. Ebenso Hugh Davis: Art. *Electronic instruments*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London 2001, S. 78 f. Darüber hinaus vgl. Abschnitt II.4.2) *Elektrizität und Elektrotechnik*, S. 157–163 in dieser Untersuchung.

¹⁷⁷ Vgl. Hugh Davis: Art. *Electronic Instruments*, S. 78. Bezüglich des musical telegraph vgl. den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

zerte ein.¹⁷⁸ Diese Form der Übermittlung von Musik sorgte im ausgehenden 19. Jahrhundert zunächst in den Vereinigten Staaten, aber schon kurze Zeit später auch in Europa für Aufsehen. Ab 1900 sollte Thaddeus Cahill diese Form der Musikübermittlung mit seinem Telharmonium, zunächst noch für reine Demonstrationszwecke, nutzen.¹⁷⁹ Hinsichtlich der Übertragung von Signalen war Elisha Grey nicht der einzige, der unterschiedliche Frequenzen, also Tonhöhen, verwendete. Ebenso experimentierte Alexander Graham Bell mit dem gleichen Ziel, nämlich der Möglichkeit, in Form unterschiedlicher Tonhöhen über nur eine Leitung gleichzeitig unterschiedliche Nachrichten zu übertragen.¹⁸⁰

Parallel dazu erfolgte die Entwicklung der drahtlosen Übertragung, ermöglicht durch die Arbeit des Physikers Heinrich Hertz, der ab 1887 elektromagnetische Schwingungen erforschte. Seine Erkenntnisse wurden in Großbritannien von dem Italiener Guglielmo Marconi zur Signalübertragung von elektromagnetischen Wellen genutzt. In Deutschland gelangen 1897 Adolf Slaby und Graf Georg Wilhelm von Arco solche Übertragungen, zunächst noch über kurze Distanzen.¹⁸¹ Hinsichtlich der Beeinflussung solcher neuen Technologien auf die – im freiesten Sinne – Verknüpfung mit Musik, wurde oben bereits die drahtlose Übertragung der *Cavaleria Rusticana* durch Lee de Forest 1909 erwähnt. Nach dem ersten Weltkrieg, in dem diese Übertragungstechnik nur langsam Akzeptanz fand, begann ein regelmäßiges Rundfunkprogramm in Deutschland ab 1923.¹⁸² Schon wenige Jahre später »...wandelte der Rundfunk sich vom Bastlerhobby zum Massenmedium, das auch beiläufiges Hören erlaubte...«¹⁸³, was besonders durch die allmählich fortschreitende Entwicklung der Lautsprecher-technik ermöglicht wurde.

Wie bereits für das Tonband und den Rundfunk, ist auch für den Lautsprecher die Erfindung der Elektronenröhre von entscheidender Bedeutung. Das Funktionsprin-

¹⁷⁸ Reynold Weidenaar: *Magic music from the telharmonium*, Metuchen N.J. und London 1995, S. 2f. Etwas knapper formuliert auch André Ruschkowski dieses Ereignis. Vgl. ders.: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 17.

¹⁷⁹ Vgl. Reynold Weidenaar: *Magic music from the telharmonium*, S.34 ff. Zur Entwicklung der Telefonkonzerte vgl. ebenda, S. 16 ff. Vgl. ebenfalls den Abschnitt II.5.1) *Telharmonium*, S. 180–185 in dieser Untersuchung.

¹⁸⁰ Vgl. ebenda, S. 2. Vgl. auch den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

¹⁸¹ Vgl. zu den Anfängen des Rundfunks Ansgar Diller: Art. *Rundfunk und Fernsehen*, Sp. 612f.

¹⁸² Ansgar Diller : Art. *Rundfunk und Fernsehen*, Sp. 613.

¹⁸³ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 121.

zip eines Lautsprechers wurde zunächst in Form des Telefonhörers erstmals von Graham Bell 1876 realisiert.¹⁸⁴ In dieser Ausführung und – besonders mit dem Beginn der Rundfunkbetriebe – in derjenigen des Kopfhörers blieb das Prinzip der Bell'schen Erfindung lange Zeit die einzige bekannte Möglichkeit der Umwandlung elektrischer Schwingungen in Schallwellen. Dabei wurde eine dünne Eisenmembran durch elektromagnetische Induktion in Schwingung versetzt. Ein unter der Membran befestigter stabförmiger Dauermagnet wurde mit einem Aufsatz aus weichem Eisen versehen, einem sogenannten Polschuh, der wiederum von einer Spule umfasst wurde. Durch diese Spule konnte der elektrische Stromfluss einer Sprachübertragung des Telefons geleitet werden, womit das Magnetfeld durch Induktion verändert und die Membran zur Schwingung angeregt wurde.¹⁸⁵ »Diese sind dann als Luftdruckänderungen und damit als Sprache oder Töne vom Ohr in unmittelbarer Nähe der Membran wahrnehmbar.«¹⁸⁶ Eine Anwendung des Lautsprechers außerhalb des Telefon- oder Kopfhörers konnte jedoch erst erfolgen, nachdem einerseits die Verstärkung elektronischer Signale durch eine Elektronenröhre ermöglicht wurde. Andererseits wurde auch die Wiedergabequalität wesentlich verbessert. Es entstand um 1925 der elektrodynamische Lautsprecher, der rasch Einzug in die mediale Welt hielt und wie er bis heute verbreitet ist.¹⁸⁷ Bereits 1933 konnte Lertes diesbezüglich feststellen, dass überwiegend »...die elektrodynamischen Lautsprecher Verbreitung gefunden [haben], da mit ihnen einerseits eine außerordentlich naturgetreue Wiedergabe von Sprache und Musik erreicht wird, und da sie andererseits auch für die größten Säle und freien Plätze Verwendung finden können.«¹⁸⁸ Im Gegensatz zum elektromagnetischen Lautsprecher findet in der elektrodynamischen Ausführung ein Topfmagnet Anwendung. Ein ringförmiges Element bildet dabei den einen Pol, der um den in der Mitte befindlichen zweiten Pol angeordnet ist, ohne dass sie sich berühren. Um den mittleren Pol wiederum liegt eine frei bewegliche Erregerspule, die an einer konusförmigen Membran befestigt ist. »Wird nun dieser Spule ein elektrischer Wechselstrom zugeführt, so wird sie entsprechend der Periode [...] in dem Magnetfeld auf- und abwärts gehende

¹⁸⁴ Vgl. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 57.

¹⁸⁵ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 66 f.

¹⁸⁶ André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 57.

¹⁸⁷ Vgl. ebenda, S. 58.

¹⁸⁸ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 67.

Bewegungen ausführen, die sich auf die mit ihr verbundene Konusmembran übertragen [...] Schallwellen der gleichen Frequenz erzeugen.«¹⁸⁹ Die Wiedergabetechnik sowohl der elektromagnetischen Form des Lautsprechers als auch der elektrodynamische, war mit derjenigen der Aufzeichnung durch Mikrophon identisch, indem sie prinzipiell in umgekehrter Weise funktionieren. »Ein jeder Lautsprecher, durch den elektrische Wechselströme in akustische Energie umgewandelt wird, kann umgekehrt auch ohne weiteres dazu benutzt werden, um akustische Energie in elektrische umzuwandeln.«¹⁹⁰

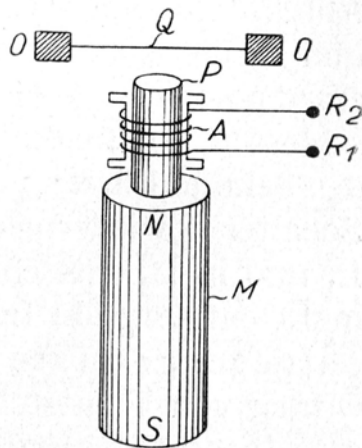


Abb. I-4a: Schaltskizze eines Telefonlautsprechers.

Q = Membran; O = Befestigungsring; M = Magnet; P = Eisenaufsatz (Polschuh); A = Spule; R = Stromzufuhr.

Abbildung aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

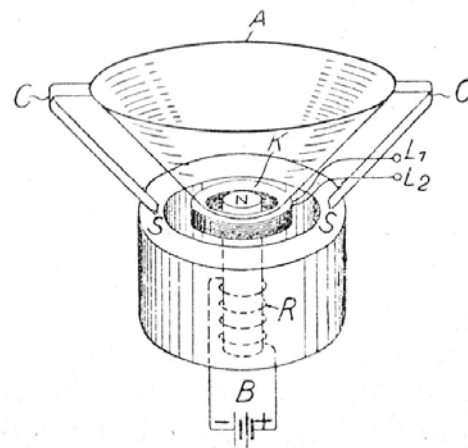


Abb. I-4b: Schaltskizze eines elektrodynamischen Lautsprechers.

B = Gleichstromquelle; R = Erregerspule; S, N = Pole des Topfmagneten; K = frei bewegliche Stromspule; A = an K befestigte Membran; L = Stromzufuhr zu K.

Abbildung aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

Auch bei der Entwicklungsgeschichte des Mikrophons sind die »tatsächlichen« Anfänge abhängig von der konkreten Frage- bzw. Problemstellung. Bevor das Mikrophon zum Standardgerät elektrischer Aufzeichnung werden konnte, wurden von verschiedenen Firmen zahlreiche Experimente durchgeführt, bis »...im Jahre 1924 schließlich nicht die Plattenfirmen, sondern die Bell Laboratories von Western Electric...«¹⁹¹ erfolgreich waren. Ebenso wie die mechanische und die elektrotechnische Entwicklung des Aspekts der Konservierung parallel stattfand, verlief auch die Entwicklung der

¹⁸⁹ Ebenda.

¹⁹⁰ Ebenda, S. 67 f.

¹⁹¹ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 109.

Aufzeichnung in beiden physikalischen Realisierungsformen parallel. »Erste Versuche, ein elektrisches Mikrophon herzustellen, machte [David Edward] Hughes im Jahre 1878.«¹⁹² Das sogenannte Kohlestabmikrophon, konnte die Luftschwingung jedoch nur unmittelbar in elektrische Schwingungen umwandeln. Ein stromdurchflossener Kohlestab war zwischen zwei Kohleplättchen berührungsfrei eingespannt. Diese gesamte Konstruktion musste durch Schallwellen erschüttert werden, so dass der Kohlestab dadurch abwechselnd Kontakte zu den Plättchen schließen kann und Stromschwankungen verursacht.¹⁹³

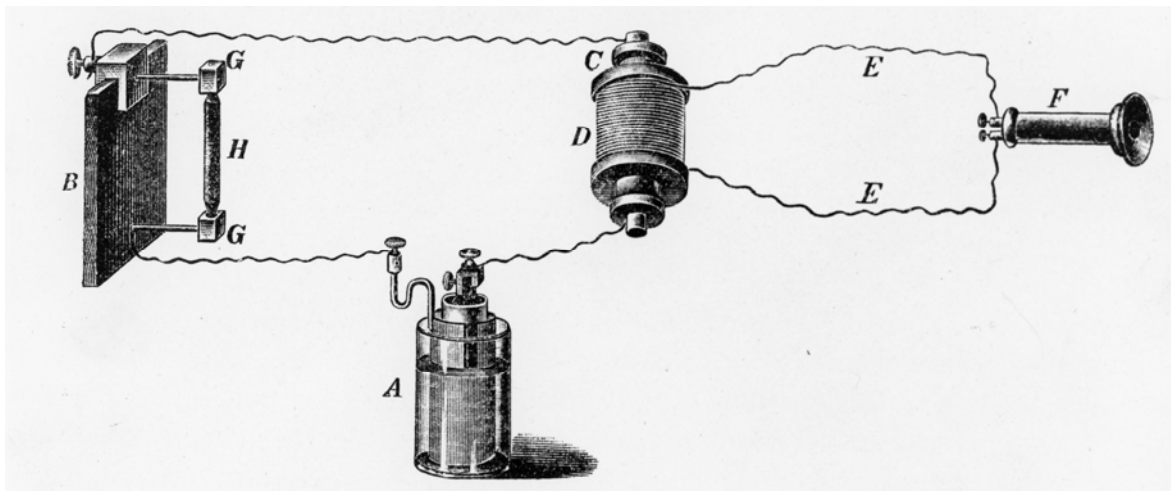


Abb. I-5: Funktionsskizze eines Kohlestabmikrophons. A = Stromquelle, B = Metallplatte, C = Anschluss an Spule, D = Spule, E = Leitungen, F = Lautsprecher, G = elektrische Pole, H = Kohlestab. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK, Re4 JE 27.

Diese Vorrichtung wurde im Laufe der Jahre zwar verfeinert und zum Kohlekörnermikrophon weiterentwickelt. Dabei treffen die Schallwellen auf die dünne Wand eines Behältnisses auf, das mit Kohlekörnchen gefüllt ist. Durch die Erschütterungen von auftreffenden Schallwellen werden diese stärker oder schwächer zusammengepresst. Indem das Behältnis permanent unter Gleichstromspannung steht, wird die durch Kompression der Kohlekörnchen entstehende Änderung des elektrischen Widerstandes in Schwankungen der angelegten Spannung umgewandelt. »Im Rhythmus der auf die Membrane [...] auffallenden Schallwellen entstehen somit in dem Stromkreis Gleichstromschwankungen, die gleichbedeutend mit einem Wechselstrom sind, der

¹⁹² Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, S. 381.

¹⁹³ Vgl. ebenda.

durch den Transformator [...] auf eine angeschlossene Leitung [...] übertragen wird.«¹⁹⁴

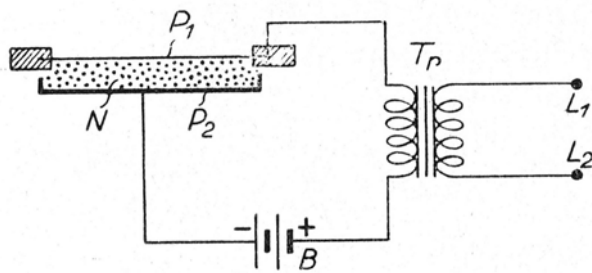


Abb. I-6: Schaltskizze eines Kohlekörnermikrophons.

P = metallene Platten mit P_1 = Membran; N = Kohlekörner; Tr = Transformator; B = Gleichstromquelle; L = Leitung.

Abbildung aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

Die Schwächen des Kohlekörnermikrophons, wie beispielsweise die eingeschränkte Frequenzsensibilität von etwa 100 bis 3000 Hertz führten jedoch zu weiteren Bemühungen, die Mikrophone zu optimieren.¹⁹⁵ Mit der neuen Möglichkeit der Verstärkung von Stromflüssen durch die Elektronenröhre rückte ein Modell des Mikrophons wieder in den Mittelpunkt des Interesses, dessen erstmalige Konstruktion bereits am Ende des 19. Jahrhunderts erfolgt war.¹⁹⁶ Das Kondensatormikrophon machte sich die Luftdruckschwankung durch Schallwellen zunutze. An zwei starren, sich in geringem Abstand gegenüberstehenden Metallplatten wurde eine Polarisierungsspannung von etwa 1000 Volt angelegt. »Die isolierende Luftschicht [zwischen den beiden Platten] wurde durch den Schall erschüttert, es änderte sich die Dielektrizitätskonstante [sic], welches dann Spannungsschwankungen verursachte.«¹⁹⁷ Eben diese Vorgänge waren zwar frei von mechanischen Verzerrungen, allerdings waren die somit erzeugten Spannungsschwankungen äußerst gering.¹⁹⁸ Erst durch deren Verstärkung konnten sie Anwendungen in der Aufnahmetechnik finden. So profitierte auch das Mikrophon von der Möglichkeit zur Verstärkung elektrischer Signale durch Elektronenröhren. »Im Frühjahr 1925 wurden die ersten Aufnahmen mit der neuen Technik gemacht, die Frequenzspektrum und dynamische Bandbreite erweiterte, Verzerrungen reduzierte und die Aufnahme auch von großen Ensembles und in Konzertsälen erlaubte.«¹⁹⁹ Bezüglich des Mikrophons wird die Rundfunkversuchsstelle an der Musik-

¹⁹⁴ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 68.

¹⁹⁵ Vgl. Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, S. 381.

¹⁹⁶ Ebenda, S. 382.

¹⁹⁷ Ebenda.

¹⁹⁸ Vgl. ebenda.

¹⁹⁹ Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 110.

hochschule Berlin-Charlottenburg abermals zu einer Schnittstelle von neuen technologischen Entwicklungen und deren praktischen Anwendung. Im 50. Jahrbuch der Hochschule findet sich der Vermerk über eine Entwicklung von Helmut Sell. »Verschiedene Konstruktionen führten schließlich zu einem Mikrophon, das allen Anforderungen genügte.«²⁰⁰ Bereits zwei Jahre später scheinen sich Mikrophone endgültig gegenüber mechanischer Aufzeichnung durchgesetzt zu haben. »Im November 1931 wurde das Kondensatormikrofon mit der Riegger'schen Hochfrequenzschaltung nach G. Neumann für den Studiobetrieb endgültig eingeführt und zum Standard.«²⁰¹

Das Mikrophon als technischen Mittler zwischen ursprünglichen akustischen Ereignissen und deren Konservierung, die Wachswalze, Schallplatte oder das Magnetband sowie der Phonograph, das Grammophon bzw. der Schallplattenspieler, das Tonbandgerät und der Rundfunk sind Entwicklungen des letzten Viertels des 19. Jahrhunderts. Ihr bestehen – mit Ausnahme des schließlich vom Grammophon verdrängten Phonographen – über die Jahrzehnte hinweg deutet bereits auf einen durch sie ausgelösten, tiefgreifenden Wandel des Verhältnisses von Mensch und Musik hin. Im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts finden sich bereits Spuren einer Durchmischung neuer technologischer Entwicklungen und des alltäglichen, bzw. musikkulturellen Lebens. Die faszinierende Wirkung auf die allgemeine Bevölkerung beispielsweise des Phonographen als Medium zur Aufzeichnung oder auch des Telephons als Medium der Übertragung, lässt sich unter anderem anhand einer Anzeige in der Zeitschrift für Instrumentenbau aus dem Jahr 1891 verdeutlichen. Darin wird neben der Vorführung des Eisenmannschen Klaviers, ein zur Klangmanipulation mit Elektromagneten versehener Flügel, von der im Konzert durchgeführten Aufnahme eines Cornet-Solos und ihrer Wiedergabe durch einen Phonographen sowie der Übertragung eines weiteren Werkes über die Telefonleitung berichtet. In überschwänglichem Ton schreibt der Autor:

»Die ersten Primadonnen der ganzen Welt werden ihre Duos singen können, ohne sich sehen zu müssen, was ihren Eifersüchteilen sicher Boden

²⁰⁰ Georg Schünemann (Hrsg.): *50. Jahresbericht (1.10.28 – 30.9.29) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, S. 47. Universität der Künste, Universitätsarchiv Bestand 1, D9.

²⁰¹ Ulrich Apel-Leybold: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Koblelmikrophon*, S. 382.

entziehen und zu ihrer Gemüthsruhe beitragen wird. Zu Concerten die ersten Kräfte der Welt zusammenzubringen, ist dann eine Kleinigkeit; telephonisch wird alles vorbereitet und ausgeführt. »Wirkung in der Ferne« ist kein Traum: sie ist die allerrealste Wirklichkeit.«²⁰²

Die in diesem Bericht geäußerte Begeisterung, besonders über das Vermögen der Aufzeichnung und Wiedergabe bzw. Übertragung verdeutlichen nicht nur die technische Durchdringung der Musikkultur bis in die Aufführungspraxis, sondern auch die Überzeugung einer dadurch erfolgenden Weiterentwicklung im Sinne einer Verbesserung des Musikerlebnisses. Diese Begeisterung über neue Verfügungsformen bezüglich der Musik durch neue Technologien ist ein Charakteristikum, das sich über die Jahrzehnte hinweg halten sollte. Noch fünfunddreißig Jahre später ist, nun bereits unter direktem Bezug auf den Musikinstrumentenbau, diese Überzeugung festzustellen. Die Fortschritte in der Entwicklung der Reproduktionsklaviere ermöglichte es ab 1915, eigens dafür komponierte Werke, die für den menschlichen Spieler unmöglich zu bewältigen wären, erklingen zu lassen. Sie stellen damit auch erste Beispiele einer neuartigen, interpretenlosen Musik dar, für die sich neben Paul Hindemith auch Igor Strawinskij, Ernst Toch, George Antheil und weitere Komponisten interessierten.²⁰³ Im Rahmen der Donaueschinger Kammermusikfeste im Jahr 1926 erfolgte die Aufführung mehrere Kompositionen.²⁰⁴ Heinrich Strobel, der besonders nach 1945 ein wichtiger Weggefährte Oskar Salas und dem Trautonium werden sollte berichtete über die neuen Möglichkeiten:

»Mechanische Musik ist nur letzte Konsequenz eines Zeitwollens. Sie eröffnet ungeahnte Perspektiven, ermöglicht eine Genauigkeit rhythmischer Darstellung, zu der eine noch so objektive Interpretation niemals wird gelangen können. Natürliche Hemmungen linearen Klangspieles sind überwunden: die geringe Spannweite der Hände, die Unmöglichkeit einer gleichmäßig deutlichen Wiedergabe ineinandergreifender Stimmen.«²⁰⁵

²⁰² Rubrik »Vermischtes«, Anonym: *Zu einer elektrophonischen Musikaufführung*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 30/XI (1891), S. 433 ff.

²⁰³ Vgl. Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano. Das selbstspielende Klavier von den Anfängen bis zur Gegenwart*, Bergkirchen 2009, S. 205 f.

²⁰⁴ Vgl. ebenda, S. 229 f.

²⁰⁵ Heinrich Strobel in der *Thüringer Allgemeine Zeitung*, zitiert nach: *Musik und Maschine, Sonderheft der Musikblätter des Anbruch*, 8-9/IX (1926), S. 404.

5. Zusammenfassung

Sowohl das Musikschaffen, als auch die Musikforschung schlagen im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts einen neuen Weg ein. Wie bereits Carl Dahlhaus feststellt, kann der Zerfall von Gattungsnormen als ein Charakteristikum dieses Zeitabschnittes gelten, deren Gründe »... weit ins 19. Jahrhundert zurück [reichen].«²⁰⁶ Im Schaffen Debussys und Bartóks durchbrechen folkloristische Tendenzen, katalysiert durch den technologischen Fortschritt, akademisch tradierte Normen der musikalisch-künstlerischen Gestaltung. Die zunehmende Institutionalisierung und Verwissenschaftlichung führte zu Beginn des 20. Jahrhunderts junge Komponisten, die sich unter anderem von Busonis *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst* inspirieren ließen, über die Unterteilung des gleichschwebend temperierten Tonsystems in Halbtonschritte hinaus. Busoni selbst richtete in seiner Schrift erstmals, unter dem Aspekt der Realisierung von Drittel- und Sechsteltönen, die Aufmerksamkeit seiner Leser auf die damals neue Möglichkeit der Klangerzeugung mit elektrotechnischen Mitteln. Neben der Emanzipation der Dissonanz wurde das Element des Geräusches zunehmend in futuristischen Manifesten und dem daraus resultierenden Bruitismus thematisiert, vertreten durch Luigi Russolo sowie in bedeutenderem Maße in den Werken Edgar Varéses.²⁰⁷

Diesen unmittelbaren Auswirkungen auf den Kompositionsprozess, die sich durch das Denken über und dem Empfinden von Musik im Bewusstsein von Musikschaaffenden widerspiegeln, stehen mittelbare Auswirkungen auf die gesamte Breite der Musikkultur gegenüber. Ab den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts wurden technische Vorrichtungen zur Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung konstruiert sowie in industriellen Maßstäben produziert und verbreitet.²⁰⁸ Das Erklängen von Musik konnte von der Aktivität des Musizierens losgelöst erlebt werden, wodurch sich die Rolle des in Form von Konzerten agierenden Interpreten wandelte.

²⁰⁶ Vgl. Carl Dahlhaus: *Die Neue Musik und das Problem der musikalischen Gattungen*, in: Helmut Kreuzer (Hrsg.), *Gestaltungsgeschichte und Gesellschaftsgeschichte. Literatur-, Kunst- und Musikwissenschaftliche Studien. Festschrift für Fritz Martini zum 60. Geburtstag*, Stuttgart 1969, S. 517.

²⁰⁷ Vgl. Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts*, S. 98ff.

²⁰⁸ Über die Verbreitung und deren Auswirkungen des Phonographen sowie die Veränderung des Umgangs und Verständnisses von Musik in den Vereinigten Staaten von Amerika schreibt Mark Katz in den ersten beiden Kapiteln in: *Capturing Sound*, Berkeley u.a. 2010, S. 10 – 79.

Zwar eröffneten sich ihm beispielsweise für die Aufnahme wiederum neue Erwerbsmöglichkeiten, nun konnte allerdings – zumindest theoretisch – jeder Interessierte durch Abspielapparate Musik erklingen lassen, wofür lediglich das Vorhandensein und Wissen um die Bedienung dieses Apparates vonnöten verblieb. Eine eigene musikalische Erziehung oder gar der Besuch von Musikaufführungen waren nun nicht mehr zwingende Voraussetzung, um Musik erleben zu können.²⁰⁹ Orchester, kleinere Ensembles sowie Solisten schienen nun durch Abspielgeräte »ersetzt« werden zu können. Es entstand eine wachsende Nachfrage für Aufnahmeleistungen, allerdings konnte praktisch mit einer einzigen Aufnahme, also nach einmaliger Leistung des Musikers, eine potentiell endlos große Anzahl an Kopien gefertigt und somit die Nachfrage nach diesem konkreten Aufnahmeprogramm gestillt werden. Diese neuartige Situation für Musiker zog wiederum Neuerungen des Rechtssystems nach sich und somit eröffnete sich eine neue Verdienstmöglichkeit durch Aufnahmehonorare und Tantiemen. »Nicht nur Tantiemen, sondern ganze Vermögen wurden verdient, sowohl von den Künstlern wie auch von den Gesellschaften.«²¹⁰

Im Jahr 1905 wurde bereits das erste Phonogramm-Archiv unter der Leitung von Carl Stumpf errichtet, der, ebenso wie Béla Bartók, mit Hilfe des Edison-Phonographen musikethnologische Feldforschungen durchführte. Der Aspekt der Aufzeichnung, die Möglichkeit, akustische Ereignisse, seien es Sprache, Geräusche oder Musik nun mit einer Vorrichtung, gleichsam als Abbild der Realität konservieren zu können, erlangte in der Musikforschung, in den Vereinigten Staaten aufgrund der spezifischen gesellschaftlichen Voraussetzungen ebenso in der Pädagogik rasch eine große Bedeutung.²¹¹

Die Elektrifizierung der Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung schuf darüber hinaus das Potential der räumlichen Verteilung von Aufnahme-, Fixierungs- und Wiedergabeort, womit der Grundstein zur Entstehung von Rundfunk- und Tonstudios gelegt und abermals eine neue Ebene der Handhabung akustischer Ereignisse, insbesondere während und nach dem Aufnahmeprozess erreicht wurde. Eine zusätzliche Konstruktion war jedoch vonnöten, um die nun elektrischen Schwingungen

²⁰⁹ Vgl. Michael Custodis: *Neue Musik am Rand des Musiklebens*, S. 141. Hierzu auch Mark Katz: *Capturing Sound*, S. 56 ff.

²¹⁰ Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 28.

²¹¹ Zu den Voraussetzungen der pädagogischen Anwendung des Phonographen in den Vereinigten Staaten vgl. Mark Katz: *Capturing Sound*, S. 68 ff.

wieder in hörbare Schwingungen zu überführen. Dies leistet der Lautsprecher, der wie auch das Magnettonband und später die digitalen Medien, für die verschiedenen Richtungen elektroakustischer Musik eine der Grundvoraussetzungen ist, aber als bedingendes Element für elektrifizierte Übertragung bzw. Wiedergabe in der musikwissenschaftlichen Literatur bislang nur wenig Erwähnung findet.

Der gesellschaftliche Alltag einer stetig anwachsenden Schicht der Bevölkerung wurde zunehmend von Musik durchdrungen, indem sie leichter verfügbar wurde. Neben den Veränderungen, denen Musik durch die oben genannten unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen unterworfen war, stellt Guido Heldt ebenso ein bestärktes Fortbestehen tradierter Musikkultur fest.

»Das Eigengewicht des institutionalisierten Musiklebens mit seinen Opernhäusern und Orchestern, Musikschulen und –hochschulen, Verlegern, Instrumentenbauern, Musikalienhändlern, Konzertagenten, Kritikern usw. sorgte für Beharrungsvermögen; es wurde nach wie vor (und quantitativ vornehmlich) in den etablierten Gattungen und für etablierte Besetzungen komponiert. [...] ›Veränderung‹ meint also weniger die Ablösung als die Addition musikalischer Ideen, Praktiken, Verbreitungs- und Rezeptionsformen. Und es ist diese additive Pluralisierung des Musiklebens, die fürs 20. Jahrhundert charakteristischer ist als für irgendeines davor.«²¹²

Insgesamt wurde neben dieser Pluralisierung durch den Zugang zu Musikmedien, der durch industrielle Fertigungsprozesse prinzipiell der gesamten Bevölkerung hatte gewährt werden können, die Verfestigung des Repertoires auf früher entstandene Werke begünstigt und damit das musikalische Bewusstsein besonders der Laien-Hörer stark beeinflusst.²¹³ Obwohl der Rundfunk sich von Beginn an sehr für zeitgenössische Musik engagierte, konnte er diesem Trend jedoch kaum entgegenwirken. Diesbezüglich muss beachtet werden, dass er, verglichen mit Schallplatte bzw. Grammophon, vergleichsweise spät zu einem Massenmedium avancierte.²¹⁴

Die Phase des vielfältigen Aufblühens neuer und rasch zur Selbstverständlichkeit werdender technischer Errungenschaften, besonders ab dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts, ergriff mit ihren Geräten und Medien die Musikkultur, wandelte und

²¹² Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 134.

²¹³ Vgl. hierzu auch Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts*, S. 3.

²¹⁴ Vgl. Ansgar Diller: Art. *Rundfunk und Fernsehen*, Sp. 612 ff. Darüber hinaus ebenso Klaus Jungk: *Musik im technischen Zeitalter*, S. 28 ff.

pluralisierte die Möglichkeiten des Erlebens und Handhabens von Musik. Das Bewusstsein um die Musik veränderte sich nachhaltig und wirkt sich noch bis in unseren gegenwärtigen Umgang mit ihr aus, wurden doch zahlreiche Grundlagen, besonders hinsichtlich der Medialisierung, gelegt.

Hinsichtlich der zunehmenden Hilfsgeräte wie Walzen, Platten, deren Abspielgeräte, bis hin zum Rundfunkgerät und Fernsehapparat, muss ein grundsätzliches Problem festgehalten werden. Wie bereits in den *Terminologischen Überlegungen* sowie im Abschnitt *Musiktechnologische Neuerungen* einsehbar wurde²¹⁵, werden in unterschiedlichen Publikationsformen unter jeweils qualitativ unterschiedlich vertieften Gesichtspunkten zum Aspekt der ›Erfindung‹, beispielsweise einer Vorrichtung, oftmals höchst unterschiedliche Angaben gemacht. Dabei ist, wie hinsichtlich der ersten Schallaufzeichnung bereits ausgeführt wurde, oftmals eine Präzisierung der betrachteten Tatsachen hilfreich.²¹⁶ Eine weitere, scheinbar objektive Methode des Nachweises einer Erfindung, stellen die gewährten Patente dar, wobei hier bereits auf den Unterschied zwischen Patentantrag und dessen Zulassung hingewiesen sei. Da man sich dabei in den Bereich juristisch geregelter, ökonomisch motivierter Rahmenbedingungen begibt, die erst ab der Zulassung in Kraft treten, sollte zudem auch das Anmeldedatum und die Erstzulassung als maßgebliches Faktum zur wissenschaftlichen Tatsachenfeststellung herangezogen werden. Allerdings treten auch hier Problemfälle auf, indem einerseits Patentanträge in unterschiedlichen Ländern gestellt und bewilligt wurden, ohne dass ein bereits existierendes Patent einer anderen Person in einem anderen Land beachtet wurde.²¹⁷ Andererseits war die Erteilung nicht allein abhängig von der tatsächlichen Authentizität einer Erfindung, sondern hing ebenso von der fachspezifischen Umsichtigkeit des bearbeitenden Patentprüfers ab. Wie im fünften Abschnitt des folgenden Teiles dieser Untersuchung am Beispiel des Ondes Martenot erläutert werden soll, sind derartige Probleme besonders aus der heutigen Perspektive und der bisweilen schwierigen Quellenlage nicht mehr vollständig entwirr- oder

²¹⁵ Vgl. die Abschnitte I.1. *Terminologische Überlegungen*, S. 7–24 und I.4. *Musiktechnologische Neuerungen*, S. 53–79 dieser Untersuchung.

²¹⁶ Vgl. den Abschnitt I.4.1) *Mechanische Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 57–65 in dieser Untersuchung.

²¹⁷ Vgl. hierzu die Aussage über Patentanmeldungen bezüglich elektrotechnischer Vorrichtungen zur Klangerzeugung in verschiedenen Ländern bei Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 24 f.

nachvollziehbar.²¹⁸ Zudem kommt, wie ebenfalls zu zeigen sein wird, erschwerend hinzu, dass zahlreiche Entwicklungen von Konstruktionen durch private Bastler, von interessierten Laien und vielfältig begabten Querdenkern ausgeführt wurden, dabei oftmals außerhalb akademischer oder überhaupt öffentlicher Strukturen stattfanden. Ihre Überlieferung in Dokumenten, wie in besonderen Ausnahmefällen in reichhaltigen Nachlässen – die jedoch überwiegend bei prominenten Persönlichkeiten archiviert wurden – oder durch Drittpersonen gesammelte bzw. aufbewahrte Briefwechseln zählt damit zu den Ausnahmen und stellt für die Wissenschaft bisweilen vereinzelte Glücksfälle dar, wie es für das Trautonium und den Nachlass Oskar Salas, der im Deutschen Museum München archiviert ist, zutrifft.

²¹⁸ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.3) *Ondes Martenot*, S. 191–195 in dieser Untersuchung.

II. Technologietransfer im Musikinstrumentenbau

Wie in den vorangegangenen *Grundlagen* dieser Untersuchung aufgezeigt wurde, entfaltete sich ab den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts eine neue, gleichsam parallel existierende Welt zur herkömmlichen Musikkultur. Diese Parallelwelt war – und ist immer noch – die der Medien, mit der Möglichkeit, akustische Ereignisse durch Konservierung, Aufzeichnung und Wiedergabe auf neuartige Weise menschlichem Handeln verfügbar zu machen. Das dabei entstandene Repertoire von technischen Hilfsgeräten, das die möglichen Erscheinungsformen von Musik und dadurch auch das Denken über sie erweiterte, wurde kursorisch erläutert. Durch ihre rasche Verbreitung und Durchdringung zum Ende des 19. Jahrhunderts, sowohl des alltäglichen Lebens, wie auch des Berufsalltags, konnten sich weder Laien noch berufstätige Musiker dieser Wandlung entziehen. Die zahlreichen, direkt und indirekt darauf zurückzuführenden Diskussionen der damaligen Musikkultur legen – wenngleich mit leichter zeitlicher Verzögerung – Zeugnis über diesen Wandel ab.²¹⁹ Wie in allgemeiner Form dieses Erwachen und rasche Erstarken der Medienwelt und der damit verbundenen Musikindustrie das Bewusstsein einer breiten Schicht der Bevölkerung veränderte, so traten im Speziellen die Vorboten dieses Wandels, wie er für die Moderne im Allgemeinen als charakteristisch angenommen wird, bereits früher auf. Die grundlegenden Veränderungen durch den Kosmos der Medien und die Musikindustrie spiegeln einen neuartigen und facettenreichen Einfluss von Technologie auf die Musikkultur wider. Durch wissenschaftliche Forschungen neu erschlossenes Wissen konnte in einem weiteren Schritt angewendet werden, um technologische Konstruktionen zu entwickeln, die schließlich der Ebene des Zugriffs und der Kontrolle, nicht allein über musikalische, sondern über jegliche akustischen Ereignisse, eine völlig neue Dimension eröffnete.

Die Durchdringung der gesamten Musikkultur mit Wissen und Technologien kann in dieser Zeit jedoch nicht allein an der allmählichen Entstehung der Medien abgelesen werden. Ebenso fanden sich im Verlauf des 19. Jahrhunderts zahlreiche, unter demselben Gesichtspunkt fassbare Innovationen in direkter Nähe zur Musik, im Musikin-

²¹⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.1.3) ›Elektrische Musik‹, S. 15–17 in dieser Untersuchung.

II. Technologietransfer im Musikinstrumentenbau

strumentenbau selbst. Die ab dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts sich verbreitenden Medien stellen somit lediglich einen, wenn auch besonders anschaulichen Fall der Anwendung neu aufkommender Technologie- und Wissensgebiete in der Musikkultur dar. »The transfer of technology from disparate branches of knowledge has had a far reaching impact on the design and construction of musical instruments.«²²⁰ Im folgenden Abschnitt sollen Aspekte dieses Wandels aufgezeigt werden, wie sie sich speziell im Musikinstrumentenbau niederschlugen und das Fundament mitbegründeten, worauf die Möglichkeit eröffnet werden konnte, elektrotechnische Vorrichtungen zur Musikerzeugung heranzuziehen.

²²⁰ Edmund A. Bowles: Art. *Instruments and technology*, S. 470.

1. Organologische Erfassung

Die Verwendung von Strom bzw. der Kraft von Elektronen umfasst in ihrer allgemein gehaltenen Auffassung ein sehr disparates Feld von Instrumentenkonstruktionen. Elektrostatische Glockenspiele, mechanische Spielautomaten, die lediglich mit Hilfe von Strom angetrieben werden, oder herkömmliche Instrumente wie Klaviere, deren typischer Klang durch die Verwendung von elektromagnetischen Kräften beeinflusst wird, zählen beispielsweise dazu. Ebenso fallen aber auch sämtliche Musikinstrumente in dieses Feld, die ihren Klang mit Hilfe von elektronischen Schaltungsvorrichtungen, also präziser Kontrolle der Bewegungen von Elektronen und deren Verstärkung durch Lautsprecher hervorbringen. Aus heutiger Perspektive müssen darüber hinaus auch digitale Instrumente mit Samplingtechnik hinzugefügt werden sowie die Computermusik, die mithilfe spezieller Software komponiert bzw. produziert werden kann. Bereits diese ersten Beispiele verdeutlichen die Komplexität eines weit ausgebreiteten Feldes, das chronographisch nicht leicht eingrenzbar ist und unerwartet weit in die Vergangenheit zurückführt.

1) Problematik der organologischen Differenzierung

Das im Fokus dieser Untersuchung stehende Instrument, das Trautonium, stellt zusammen mit den übrigen elektroakustischen Musikinstrumenten grundsätzliche Fragen an organologische Ansätze, wie sie bisher bekannt sind. Allein die Geschichte ihrer Integration in eine Systematik der Musikinstrumente führt Aspekte der Problematiken, nicht nur solcher Systematisierungen, sondern auch bezüglich der terminologischen Begriffsbildungen und der daraus resultierenden, wissenschaftlichen Untersuchungen vor Augen.²²¹ Gründe dafür mögen zunächst in der Tatsache zu suchen sein, dass die neu aufkommenden, höchst unterschiedlich ausgeprägten Instrumentenkonstruktionen grundsätzliche Eigenschaften von Musikinstrumenten in Frage zu stellen vermochten. Von ihren Entwicklern muss das nicht zwangsläufig beabsichtigt gewesen sein, nutzten sie doch lediglich das Potenzial neuartiger Ton- und Klanger-

²²¹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.1. *Terminologische Überlegungen*, S. 7–24 in dieser Untersuchung.

zeugung, das sich mit elektrotechnischen Mitteln ergab, auf unterschiedlichste Möglichkeiten, um innovative Konzepte zu realisieren. Das Moment der Innovation selbst ist dabei nicht einheitlich charakterisierbar, da zahlreiche Konstruktionen nicht primär als Instrument zur Hervorbringung von Musik, sondern unter Umständen als eine, mit völlig anderen Aufgaben betraute Vorrichtung ersonnen wurden.²²² Sie konnten bisweilen lediglich die bloße Hervorbringung unterschiedlicher Tonhöhen bewältigen, wie beispielsweise der musical telegraph oder das Audion, die beide aus dem Bereich der Kommunikationstechnik hervorgingen.²²³ Das Theremin wiederum entstammt aus dem Bereich der Forschungen zu einem neuartigen Alarmsystem und ermöglichte dem Spieler zusätzlich noch dynamische Gestaltung. Dagegen wurde das Trautonium von Anbeginn als Musikinstrument mit höchst ausdifferenzierten Gestaltungsmöglichkeiten konzipiert.

Es wird aus diesen kurzen Andeutungen bereits ersichtlich, dass das Moment einer intentionalen Musikhervorbringung, scheinbar selbstverständlich für den Musikinstrumentenbau, bezüglich der Konstruktion elektroakustischer Musikinstrumente, zumindest hinsichtlich der Betrachtung ihrer Genese, durchaus hinterfragbar ist. Darüber hinaus werfen die jeweiligen musikalischen Charakteristika einiger Vertreter der frühen elektroakustischen Klangerzeuger wiederum die Frage auf, ab wann eine Konstruktion auch tatsächlich als Musikinstrument gelten darf. Sie führten implizit die Problematik der Differenzierung zwischen bloßem Tonerzeuger und musikalischem Klanggestalter vor Augen, indem sie bei Vorführungen diesbezüglich häufig als unbefriedigend wahrgenommen wurden, galt doch als aufsehenerregende Tatsache vielmehr die grundsätzliche Möglichkeit, mit elektrotechnischen Mitteln Töne erzeugen zu können. »Die eindruckliche Wirkung dieser neuartigen Instrumentenkonstruktionen ließ oft genug die mangelhafte technische Ausführung, vor allem aber die kärgliche klangliche Wirkung in den Hintergrund treten.«²²⁴ Allein diese Tatsache verdeutlicht die Diskrepanz zu herkömmlichen Instrumenten, die nicht bloße physikalische Töne hervorbringen, sondern einen musikalisch gestaltbaren und spezifi-

²²² Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.) *Theremin*, S. 186–191 in dieser Untersuchung.

²²³ Vgl. zu den unterschiedlichen Konzeptionen und Konstruktionen den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 sowie II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

²²⁴ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 23.

schen Instrumentenklang besitzen. Diese Problematik behält bis heute ihre Aktualität und wird durch die große Verbreitung von elektroakustischen Instrumenten aller Art abermals entfacht.

»Synthesizers, for example, with their often large and comprehensive control panels, give us completely new sounds, and these new musical possibilities also give rise to new problems of both a theoretical and a practical nature. Which characteristics make these new instruments so different? What are the fundamental differences between traditional instruments and synthesizers? What are the important similarities between acoustic and electronic instruments?«²²⁵

Tellef Kvifte stellt zu Beginn seiner Publikation die Problematik des wissenschaftlichen Umgangs mit dieser neuen Erscheinungsform von Musikinstrumenten dar. Fasst man dabei ›Synthesizer‹ als Überbegriff für die zahlreichen Konstruktionen elektroakustischer Musikinstrumente auf, so scheint dieser Gruppe, besonders ihrer Vertreter, die noch vor dem zweiten Weltkrieg konstruiert wurden, überwiegend ein experimentaler Charakter anzuhängen. Dieser Schein sollte aber nicht über zwei Tatsachen hinwegtäuschen. Erstens hatten einige wenige dieser Instrumente vielfältigen Erfolg.²²⁶ Sowohl hinsichtlich einer Rezeption und damit auch musikalischen Verwendung, wie sie durch Repertoirebildung zu erkennen ist, als auch hinsichtlich einer Serienproduktion durch die Industrie trifft diese Tatsache zu. Zweitens führte häufig die Sphäre des technisch Experimentellen, in Verbindung mit der des – besonders für damalige Verhältnisse – Spektakulären hinsichtlich ihrer Bedienung durch den Interpreten, durchaus zu einem Bekanntwerden über Expertenkreise hinaus.²²⁷ Allerdings schien diese Tatsache in Expertenkreisen wiederum Anlass zur Vorsicht zu geben, da wissenschaftliche Untersuchungen über derartige Instrumente, mit wenigen Ausnahmen, erst ab den 1950er Jahren einsetzen. Auch die Technisierung an sich stellte für Personen unterschiedlicher Fachrichtungen von Anbeginn an ein Moment der Befremdung dar.

»Die elektrische Musik bedeutet auch heute noch für die Mehrzahl der ausübenden und schaffenden Künstler das Eindringen in ein Kultur- und Geistesleben, wo für die Technik kein Platz zu sein scheint; das Eindrin-

²²⁵ Tellef Kvifte: *Instruments and the Electronic Age*, Oslo 1988, S. 1.

²²⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

²²⁷ Vgl. hierzu die jeweiligen Abschnitte in Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*.

gen in ein künstlerisches Betätigungsgebiet, auf dem gerade in den letzten Jahren durch Grammophon und Radio die Existenzmöglichkeiten sowieso schon bedeutend beschränkt wurden.«²²⁸

Diese Beispiele mögen lediglich einige der Gründe dafür darstellen, dass organologische Forschungsarbeiten die Integration elektroakustischer Instrumente in Systematiken lange Zeit nicht vollzogen haben. Allerdings muss auch ein zweiter Aspekt beachtet werden. Versucht man ein Klassifizierungssystem für Musikinstrumente zu finden, womit sich die unterschiedlich ausgeprägten elektroakustischen Instrumente einordnen lassen, wird dabei deutlich, dass derartige Systematiken überwiegend vor der ersten großen Blütezeit elektroakustischer Klangerzeugung entstanden sind. Erst ab den späten 1940er Jahren erfolgte durch Hans Heinz Dräger der Schritt einer Integration dieser Instrumente in ein Klassifizierungssystem. Dazu erweiterte er jedoch die von Erich Moritz von Hornbostel und Curt Sachs ausgearbeitete Systematik aus dem Jahr 1914 um die neue Klasse der Elektrophone.²²⁹ »Bei dieser Aufteilung sind die fünf Tonerzeugungsvorgänge durch rein sachliche Betrachtung der zur Tonerzeugung in Aktion versetzten Teil gewonnen [...].«²³⁰

Derartige Beschreibungen von Musikinstrumenten haben eine weit zurückreichende Geschichte und stellen kein Phänomen der Neuzeit dar. Bereits die frühesten Überlieferungen zu Betrachtungen von Musikinstrumenten, überliefert aus dem asiatischen Kulturraum, sind durch systematische Herangehensweisen charakterisiert, »...die jedoch bis zum 20. Jh. nie so ausführlich sind wie die europäischen seit dem 16. Jahrhundert.«²³¹ Die europäischen Systematiken wiederum sind durch ein wesentliches Kennzeichen charakterisiert, indem speziell das klangerzeugende Element eine zentrale Rolle spielt, somit »...die physikalische Beschaffenheit des primär schwingenden Stoffes [...].«²³² Eine der grundlegenden Arbeiten, die diesen Aspekt der Klassifikati-

²²⁸ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, Vorwort, S. VII.

²²⁹ Vgl. Hans-Heinz Dräger: *Prinzip einer Systematik der Musikinstrumente* (= Musikwissenschaftliche Arbeiten 3), Kassel u.a. 1948, S. 22.

²³⁰ Ebenda, S. 17. Darüber hinaus vgl. ebenda, S. 43 ff. Mit den fünf Tonerzeugungsvorgängen bezieht er sich auf die vier Klassen des Sachs-Hornbostel-Systems, die Idiophone, Membranophone, Aerophone und Chordophone. Die fünfte Klasse stellen die Elektrophone dar.

²³¹ John Henry van der Meer: Art. *Instrumentenkunde*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 4, Kassel u.a. 1996, Sp. 951.

²³² Hans-Heinz Dräger: Art. *Instrumentenkunde*, in: Friedrich Blume (Hrsg.) *Musik in Geschichte und Gegenwart*, Band 6, Kassel u.a. 1957, Sp. 1291. Dass die Bevorzugung der Klangerzeugung als primärer Differenzierungsfaktor immer noch vorherrscht verdeutlichen auch John Henry van der Meers Erläu-

on von Musikinstrumenten heranzieht, der *Catalogue descriptif et analytique du Musée instrumental du Conservatoire royal de musique de Bruxelles* (1888) von Victor-Charles Mahillon, stützt sich auf die aus dem indischen Kulturkreis stammende Unterteilung in vier Klassen.²³³ Nicht nur die Einteilung in vier Klassen wurde etwa ein viertel Jahrhundert später sowohl von Francis W. Galpin, als auch von Curt Sachs und Erich Moritz von Hornbostel übernommen. Auch der Entstehungskontext der jeweiligen Systematiken ist ein ähnlicher. Sowohl Mahillon, als auch Galpin und Sachs waren mit der Aufgabe vertraut gewesen, eine Sammlung von Musikinstrumenten wissenschaftlich zu betreuen.²³⁴ »An einer systematischen Ordnung der Musikinstrumente sind in erster Linie die Musiktheoretiker, die Ethnologen und die Verwalter völkerkundlicher und kulturhistorischer Sammlungen interessiert.«²³⁵ Neben der Tatsache des asynchronen Verhältnisses von Systematik und zu betrachtenden bzw. einzuordnenden Objekt, muss die Konzentration auf die Klangerzeugung als primäres Differenzierungsmerkmal hinsichtlich ihrer elektroakustischen Realisierung als problematisch angesehen werden.

Erst durch die bereits erwähnte Erweiterung des Sachs-Hornbostelschen Systems um die Kategorie der Elektrophone, unternahm Hans Heinz Dräger den Versuch, das asynchrone Verhältnis zwischen Systematik und Objekt zu glätten. Zugleich griff er die tiefergehende Unterscheidung auf, wie sie bereits Peter Lertes in der Publikation *Elektrische Musik* von 1933 vorgenommen hatte.²³⁶ Damit behielt Dräger die primäre Unterscheidungskategorie der Sachs-Hornbostel Systematik bei und konnte sie gleichzeitig mit der Expertise Lertes', der zunächst zwischen elektromechanischen und rein elektrischen Musikinstrumenten unterschied, in Verbindung bringen.²³⁷ Er wies damit implizit auf die Problematik hin, die das Potenzial der Elektrotechnik hinsichtlich der Klangerzeugung eröffnet hatte. Die neuen technologischen Erkenntnisse

terungen. Vgl. ders.: Art. *Instrumentenkunde*, Sp. 959. Erich Moritz von Hornbostel und Curt Sachs reißen sich mit ihrem System ebenfalls in diese Tradition ein. Vgl. dies.: Art. *Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch*, in: *Zeitschrift für Ethnologie* 4 und 5/43 (1914), S. 557.

²³³ Ebenda. Darüber hinaus vgl. Tellef Kvifte: *Instruments and the Electronic Age*, S. 7 ff.

²³⁴ Vgl. ebenda, S. 12. Vgl. darüber hinaus die Erläuterungen zu den Arbeiten Curt Sachs in I.3.2) *Musikforschung*, S. 41–52 in dieser Untersuchung.

²³⁵ Erich Moritz von Hornbostel/Curt Sachs: Art. *Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch*, S. 553.

²³⁶ Vgl. ebenda, S. 22.

²³⁷ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 143.

boten eine Vielzahl von Möglichkeiten, Töne und Klänge entweder direkt zu erzeugen, oder mechanisch hervorgebrachte Schwingungen in facettenreicher Qualität zu manipulieren. Aus damaliger, wie heutiger Perspektive erweist sich der Ansatz einer Differenzierung anhand der Klangerzeugung zusätzlich als problematisch, wenn man einen historiographischen Überblick über dieses Feld der Instrumentenkonstruktion gewinnen möchte.

2) Begriffliche Differenzierung der Klangerzeugung

Wann ist der Anfang elektroakustischer Klangerzeugung anzusetzen? Versucht man zunächst, im weitesten Sinne das Eindringen der Elektrizität in den Musikinstrumentenbau sowie damit funktionierender Vorrichtungen als Beginn anzunehmen, so wird bislang besonderes Augenmerk auf die dadurch ermöglichten Verfahren der Klangerzeugung gerichtet. Hierbei ergibt sich wiederum ein zweifaches Problem. Diesbezügliche historische Überlieferungen selbst sollten mit Vorsicht rezipiert werden. Am Beispiel des Denis d'or, einem der angeblichen Archetypen elektroakustischer Musikinstrumente, wird die Notwendigkeit zur Vorsicht exemplarisch evident, wie die Erläuterungen Peer Sitters verdeutlichen.²³⁸ Darüber hinaus sollten die terminologischen Problematiken der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts berücksichtigt werden. Wie im einführenden Abschnitt der *Grundlagen* bereits erläutert, stand im Falle des Begriffes ›elektrisch‹ in der Tat die Art der Vorrichtungen im Mittelpunkt, mit deren Hilfe Musik hervorgebracht wurde, allerdings ohne präzisere technische Erfassung.²³⁹

Es sollte für eine systematische Einordnung jedoch die Frage nach der genauen Beschaffenheit der Klangerzeugung jeweils präzise geklärt sein. Einem Betrachter ohne gründliche Vorkenntnis der elektrotechnischen und physikalischen Details über Vorrichtungen zur Schwingungserzeugung, Akustik und der jeweiligen Konstruktion wird es unmöglich bleiben, die tatsächliche Klangerzeugung sowie das Instrument präzise zu beschreiben und somit in eine Systematik einzuordnen. In der deutschen

²³⁸ Vgl. Peer Sitter: *Das Denis d'or: Urahn der elektroakustischen Musikinstrumente?* in: Wolfgang Auhagen u.a. (Hrsg.), *Systematische Musikwissenschaft. Festschrift Jobst Peter Fricke zum 65. Geburtstag*, Köln 2003, S. 303–305. Näheres dazu vgl. Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

²³⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.1.3) ›Elektrische Musik‹, S. 15–17 in dieser Untersuchung.

wie britischen Literatur zu sogenannter elektroakustischer Musik bzw. Musikinstrumenten finden sich heute drei Hauptgruppen zur Differenzierung der Klangerzeugung, wobei die vorgeschlagene Zweiteilung Lertes' um eine zusätzliche Kategorie erweitert wurde²⁴⁰:

1. Elektroakustische Klangerzeugung bzw. Electroacoustic Instruments
2. Elektromechanische Klangerzeugung bzw. Electromechanical Instruments
3. Elektronische Klangerzeugung bzw. Electronic Instruments

Für die elektroakustische Klangerzeugung wird der hörbare Klang herkömmlich, also mit schwingendem Körper »...produziert, dessen Schwingungen über Mikrophone oder Tonabnehmer in elektrische Schwingungen umgewandelt, verstärkt und mittels Lautsprecher hörbar gemacht wird.«²⁴¹ Die Verschmelzung der Adjektive, »elektro« und »akustisch« soll dabei auf die Verwendung eines tatsächlich schwingenden Körpers und der Schwingungsabnahme durch elektrotechnische Vorrichtungen hinweisen. Die elektromechanische Klangerzeugung wiederum verwendet zwar noch bewegte Körper, diese allerdings »...produzieren keinen Klang, dafür aber eine regelmäßige Schwingung innerhalb eines Stromkreises, die über elektrische Mittel in eine hörbare Schwingung umgewandelt wird.«²⁴² Hierbei soll das Adjektiv »mechanisch« als Hinweis auf einen sich bewegenden Körper hinweisen, der allerdings keine direkt hörbaren Luftschwingungen, sondern lediglich einen schwingenden Stromfluss induziert, der wiederum über Verstärker und Lautsprecher in wahrnehmbaren Klang umgewandelt wird.

So einleuchtend diese beiden Termini erscheinen mögen, werfen sie doch sogleich ein Problem auf, indem bezüglich der Musik das Adjektiv »elektroakustisch« als Überbegriff für verschiedene Erscheinungsformen von Musik, wie beispielsweise der Elektronischen Musik, der *musique concrète* oder der *tape music* verwendet werden kann.²⁴³ Ebenso darf die »elektronische Klangerzeugung« nicht ausschließlich mit dem

²⁴⁰ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, besonders Sp. 1717–1721. Sowie Hugh Davis: Art. *Electronic instruments*, besonders S. 67–77.

²⁴¹ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1718.

²⁴² Ebenda, Sp. 1719.

²⁴³ Vgl. hierzu den Abschnitt I.1. *Terminologische Überlegungen*, S. 7–24 in dieser Untersuchung.

Begriff der Elektronischen Musik des Kölner Studios in Verbindung gebracht werden, wie es die Verwandtschaft der bezeichnenden Begriffe nahe zu legen scheint. Zudem ist das Potenzial dieser Klangerzeugung besonders vielseitig, was die Auflistung unterschiedlicher Instrumente durch Curtis Roads nahelegt.²⁴⁴ Aus heutiger Perspektive müssen neben den unterschiedlichen Röhren-Schaltungen auch noch die Möglichkeiten der Transistor-, bzw. Mikrochip-Technologie unter diesen Begriff fallen.²⁴⁵

Sowohl die elektroakustische als auch die elektromechanische Klangerzeugung verwenden noch in Bewegung versetzte Körper, deren Schwingung oder Rotation wiederum in Wechselströme umgewandelt werden. Somit finden aus physikalischer Perspektive in beiden Fällen mechanische Bewegungen statt, die umgewandelt werden. Eine klare Abgrenzung oder nähere Charakterisierung zwischen elektroakustischer und elektromechanischer Klangerzeugung erscheint durch diese Begriffe daher nicht eingelöst. Die elektronische Klangerzeugung hingegen kann allerdings scheinbar eindeutig mit Verwendung der unterschiedlichen Röhren charakterisiert werden. In der Tat geht aus der Literatur diesbezüglich lediglich eine einzige Ausnahme hervor, die zugleich wiederum das Grenzgebiet der Definition von Musikinstrument zwischen bloßer Tonhöhendifferenzierung und tatsächlicher musikalischer Gestaltungsmöglichkeit vor Augen führt. Es handelt sich dabei um den ›Singenden Lichtbogen‹ von William Duddell.²⁴⁶

Ein technisch präziseres System zur Differenzierung schlägt dagegen Thomas LaMar Rhea vor, wobei er die Bezeichnung ›elektroakustische Klangerzeugung‹ auflöst. Damit kann dieser Begriff wiederum, in Analogie zur Bezeichnung der unterschiedlichen Musik-Genres, als Überbegriff auch für die Instrumentenklasse fungieren²⁴⁷:

²⁴⁴ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1720. Vgl. auch die Liste, angefertigt von Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 21–23.

²⁴⁵ Vgl. ebenda sowie zu der Transistor- und Digitaltechnik, Sp. 1759 ff.

²⁴⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

²⁴⁷ Die folgende systematische Aufgliederung der Klangerzeugungsverfahren ist eine Übertragung aus Thomas LaMar Rhea: *The Evolution of Electronic Musical Instruments in the United States*, Nashville (Tenn.) 1972, S. 98.

- I. Electromechanical Generators
 - a. Vibratory
 - i. Microphone Pickup
 - ii. Photoelectric
 - iii. Electromagnetic
 - iv. Electrostatic
 - b. Rotary
 - i. Photoelectric
 - ii. Electromagnetic
 - iii. Electrostatic
- II. Electrical Circuit Generators
 - a. Vacuum Tube Oscillators
 - i. Sinusoidal Oscillators
 - ii. Complex Waveform Oscillators
 - b. Gas Discharge Tube Oscillators
 - i. Complex Waveform Oscillators
 - ii. Sinusoidal Oscillators

In der Systematik Rheas würde lediglich der Singende Lichtbogen einen Sonderfall darstellen, der unter ›Electrical Circuit Generators‹ einer gesonderten Erwähnung bedürfte. Die Unterteilung der Bewegten Körper in ›schwingend‹ und ›rotierend‹ legt bereits nahe, dass die durch Rotation erzeugten Klänge einer Vorrichtung entspringen, die keine wahrnehmbare Bewegungsform als Ausgangsschwingung verwendet, was also dem oben erläuterten Begriff der ›elektromechanischen‹ Klangerzeugung gleichkommen würde. Durch Differenzierung der verwendeten Ausgangsschwingungsart wäre zu trennen in herkömmliche Schwingungen, wie es beispielsweise für lediglich durch Tonabnehmer verstärkte Instrumente, Dauertonklaviere, den Neo-Bechstein-Flügel, oder auch für E-Gitarren zutrifft. Rotierende Bewegung wiederum träfe beispielsweise auf das Telharmonium, bzw. das Dynamophon, die Hammond-Orgel oder die Lichtton-Orgel von Welte zu. ›Elektromechanisch‹ entspricht in dieser Systematik der tatsächlich angewendeten Kombination aus einer mechanischen Schwingung in Kombination mit elektrotechnischer Manipulation der erzeugten Schwingungen, beispielsweise durch Verstärker und Lautsprechern.

Die Entsprechung der ›elektronischen Klangerzeugung‹ findet sich bei Rhea als ›Electrical Circuit Generators‹ bezeichnet, womit die Betonung prinzipiell auf der Vorrichtung einer Schaltung bzw. eines Schaltkreises liegt. Erst die Unterteilung in ›Vacuum Tube‹ bzw. ›Gas Discharge Tube‹, also Elektronen-, bzw. Gasentladungs-

röhre, wobei letztere einer Glimmlampe entspricht²⁴⁸, verdeutlicht die Entsprechung zur deutschen Bedeutung. Die weitere Unterteilung erfolgt durch die mit den Schaltungen erzeugten Schwingungsformen. Doch bereits für diesen Schritt ist es unerlässlich zu wissen, welche Röhrenart das zu betrachtende Instrument verwendet.

Die verschiedenen Möglichkeiten der systematischen Darstellung elektroakustischer Musikinstrumente, deren primäres Differenzierungskriterium die Klangerzeugung ist, verdeutlichen die Problematik einer präzisen und fächerübergreifenden Betrachtung des einzuordnenden Objektes. Bezüglich des Trautoniums eine solche Fragestellung zu beantworten, wäre ohne präzise erfasste Details, wie sie sich besonders aus seiner Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte ergeben können, nur teilweise zu leisten. Wie im dritten Teil der vorliegenden Untersuchung zu zeigen sein wird, wurde mit unterschiedlichen Röhrentypen experimentiert.²⁴⁹ Lediglich die funktionale Idee, eine obertonreiche Ausgangsschwingung zu verwenden, wurde stets beibehalten. Damit ist das Trautonium, je nach Bautyp, in zwei der Kategorien nach dem Vorschlag Rheas einzuordnen: »a. Vacuum Tube Oscillators, ii. Complex Waveform Oscillators« und »b. Gas Discharge Tube Oscillators, i. Complex Waveform Oscillators«.

Über derartige Problematiken systematischer Einordnung von elektroakustischen Musikinstrumenten hinaus wird wiederum der Anwendungskontext solcher Systematisierung verdeutlicht. Indem eine Systematik eine Ordnung schafft, werden zwangsläufig verbindende wie trennende Details zwischen ähnlichen Objekten gleichsam kanalisiert, hervorgehoben oder eben verdeckt.

»Was immer geordnet und systematisiert werden soll, ist ohne System entstanden und wächst und ändert sich ohne Rücksicht auf ein begriffliches Schema. Stets ist der Gegenstand der Klassifikation ein Lebendiges, Dynamisches, das keine scharfen Grenzen und keine unveränderlichen Gestalten kennt. Das System aber ist statisch, mit möglichst scharfen Trennungslinien und Kategorien.«²⁵⁰

Die Einordnung von Instrumenten in derlei Systeme kommt einer Momentaufnahme gleich, der ohne Zweifel eine Berechtigung in entsprechendem Rahmen zugestanden

²⁴⁸ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 81 f.

²⁴⁹ Vgl. zu den Arbeiten an der Entwicklung des Trautoniums III.3. *Die Konzeption des Trautoniums an der Rundfunkversuchsstelle*, S. 216–263 in dieser Untersuchung.

²⁵⁰ Erich Moritz von Hornbostel/Curt Sachs: *Art. Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch*, S. 553.

werden darf. Ein kurzer Blick auf Musikinstrumente im Allgemeinen lässt jedoch deutlich werden, dass sie meistens Teil einer Genese sind, einer steten Arbeit von Instrumentenbaumeistern zur Weiterentwicklung unterschiedlicher Eigenschaften ihrer Konstruktionen. Das trifft auch und besonders auf die herausragenden Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente zu, die beispielsweise vor ihrer industriellen Serienfertigung zahlreiche Veränderungen gegenüber dem ersten Modell erfuhren. Am Beispiel des für diese Untersuchung im Mittelpunkt stehenden Trautoniums wird eben dieser Aspekt bedeutsam, da dieses Instrument sowohl während seiner industriellen Produktion, als auch nach den ersten Serienmodellen noch tiefgreifende und vielfältige Veränderungen erfuhr. Somit könnte eine Systematisierung im Sinne einer Momentaufnahme den unterschiedlichen Modellen nur vollständig gerecht werden, wenn diese dabei auch berücksichtigt und allesamt erfasst würden. Im vorliegenden Fall soll der Versuch unternommen werden, die gesamte Entwicklung zu überblicken, was einen Zeitraum von insgesamt mehr als einem viertel Jahrhundert umfasst, in dem vornehmlich vier Hauptmodelle entstanden sind, das Telefunken-Trautonium, das Rundfunk-Trautonium, das Konzert-Trautonium und das Mixtur-Trautonium. Jedes dieser Modelle kann zwar im Sinne einer Momentaufnahme für sich betrachtet und in bestehende Instrumentensystematiken eingeordnet werden. Die jeweiligen Details, die das Trautonium neben weiteren Vertretern elektronischer oder – allgemein gesprochen – elektroakustischer Musikinstrumente auszeichnen, liefen damit jedoch Gefahr, verdeckt oder zumindest vernachlässigt zu werden.

3) Kriterien einer Betrachtung elektroakustischer Musikinstrumente

Neben dem primären Differenzierungsmerkmal der Klangerzeugung, wie es auch für die Systematisierung elektroakustischer in elektromechanische und elektronische Musikinstrumente angewendet wird, sind weitere organologische Kategorien zur Einordnung und Beschreibung verbreitet. Doch auch diese bewährten Methoden zur Erfassung jeglicher Instrumente erweisen sich in ihrer Übertragbarkeit aufgrund des speziellen Charakters elektroakustischer Musikinstrumente als problematisch. Aus

der Darstellung eines Überblicks zur Fachgliederung der Musikorganologie, wie sie von Leopold Vorreiter gegeben wurde, seien hier nur einige exemplarische Beispiele herausgegriffen, anhand deren Erläuterung die Problematik herkömmlicher Beschreibungskategorien für Musikinstrumente präzisiert werden soll.²⁵¹ Eine organographische bzw. organotypologische Herangehensweise ist, analog zur etymologischen Untersuchung über die Benennung der Konstruktionen insofern problematisch, als die jeweiligen Konstruktions- und Funktionskonzepte sich zwar auf einen physikalischen Nenner bringen zu lassen scheinen. Ihre tatsächlichen musikalischen Potenziale und charakteristischen technischen Eigenheiten werden dabei allerdings überwiegend vernachlässigt. Darüber hinaus scheinen besonders die elektronischen Musikinstrumente eine nach außen hin abgegrenzte Klasse darzustellen – im Gegensatz zu den bisweilen hybriden Konstruktionen elektromechanischer Instrumente, wie beispielsweise den Dauertonklavieren. Letztere können tatsächlich in einen typologischen Zusammenhang mit dem Klavier, bzw. dem Pianoforte gebracht werden und gehören dennoch der Gruppe der elektromechanischen Instrumente mit Vibrationsschwingungserzeugung an. Im Gegensatz dazu stehen rein elektronische Instrumente, deren äußerlichen Konstruktionsformen nicht mehr zwangsweise in eine Entwicklungslinie mit herkömmlichen Instrumenten eingereiht werden können. Ihre Gehäuse müssen keine Mechaniken zur Kraftübertragung beherbergen, ebenso benötigen sie keine Resonanzkörper, sondern vielmehr Lautsprecher zur Verstärkung der erzeugten Klänge. Die äußerliche Gestaltung ist somit nicht mehr abhängig von Kategorien, die bei herkömmlichen Instrumenten greifen und kann vom Konstrukteur losgelöst von herkömmlichen Gestaltungskategorien angefertigt werden.

Die Namensgebung elektroakustischer Instrumente erfolgte des Weiteren häufig vor dem Hintergrund der Präsentation vor der Öffentlichkeit, so dass durchaus sogar ein vom Konstrukteur intendierter Sensationscharakter mitbestimmend für die Benennung gewesen sein mag. Darüber hinaus stellten die Namen der Instrumente, wie es beispielsweise für das Trautonium oder auch das Ondes Martenot zutrifft, eine Umformung, im Falle des Theremins sogar eine direkte Übertragung des Namens des Konstrukteurs auf dessen Instrument dar.

²⁵¹ Vgl. Leopold Vorreiter: *Die Musikorganologie als neuer Wissenschaftszweig*, in: Institut für Musikorganologie (Hrsg.), *Archiv für Musikorganologie* 1/1 (1976), S. 5.

Die bisweilen verwendete Bezeichnung ›elektronische Orgel‹ zielt einerseits und überwiegend zutreffend auf die musikalischen Möglichkeiten, wie der Klangfarbengestaltung des Instruments ab. Allerdings ist dieser Terminus wiederum mit Vorsicht zu behandeln, da er beispielsweise über Funktion und tatsächliche konzeptionelle Details keine aufschlussreiche Auskunft gibt, so dass damit sowohl elektronische, als auch elektromechanische Instrumente gemeint sein könnten. Hinsichtlich der Möglichkeiten des Interpreten, mit dem Instrument zu interagieren, können ›elektronische Orgeln‹ dennoch als Nachempfindungen herkömmlicher Orgeln angesehen werden, indem sie ein zusätzliches Bedienungsfeld als Interaktionsebene zwischen Interpret und Instrument besitzen. In Analogie zu herkömmlichen Orgeln sind auch sie häufig mit mehreren Manualen und Bedienungsfelder für die Register- bzw. Klangfarbenkontrolle versehen, bisweilen sogar mit Pedalen. Die Traktur und Pfeifenwerke allerdings werden durch elektrotechnische Vorrichtungen zur Ton- bzw. Klangerzeugungen ersetzt. Bei den elektronischen Instrumenten, wie beispielsweise dem Theremin, versagen zumindest zu einem großen Teil aber auch diese Kategorien. Interessanterweise können wiederum besonders die Trautoniummodelle, die nach dem Telefunken-Instrument entstanden sind, zumindest analog dem Spieltisch einer Orgel aufgefasst werden, indem auch sie zunehmend zusätzliche Bedienungsfelder für unterschiedliche Klangsteuerungselemente aufweisen. Die überwiegende Anzahl elektroakustischer Musikinstrumente jedoch waren jeweils Einzelanfertigungen.²⁵² Aus diesen Gründen fanden zwar gewisse Gestaltungsprinzipien eine mehrfache Verwendung, Einheit stiftende Gemeinsamkeiten finden sich in dieser Gruppe von Instrumenten allerdings nicht in ähnlich konstituierender Weise, wie bei herkömmlichen Instrumenten.

In ihrer facettenreichen Gesamtheit ist ihnen aber dennoch ein Aspekt gemeinsam. Sie stellen jeweils Innovationen des Musikinstrumentenbaus dar, die geprägt sind von der engen Verflechtung technologischen Wissens und dessen An- bzw. Verwendung für musikalische Zwecke. Selbst wenn eine bereits bekannte elektrotechnische Vorrichtung zur Ton- bzw. Klangerzeugung verwendet wurde, können weitere bautechnische Details davon weitgehend unabhängig gestaltet sein, die Bedienung des Instru-

²⁵² Vgl. die Liste elektroakustischer Musikinstrumente, angefertigt von Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 21–23.

ments kann in der Folge beispielsweise sehr unterschiedlich ausfallen.²⁵³ So ist die Konstruktion einer elektrotechnischen Schaltung durch Lee de Forest, bei der »...eine Elektronenröhre in induktiver Rückkopplungsschaltung tonfrequente Schwingungen...«²⁵⁴ hervorbringt, ein Beispiel für die erstmalige Anwendung, die sich wiederum in zahlreichen späteren Konstruktionen finden lässt.²⁵⁵ Der Aspekt der Klangerzeugung muss also, im Gegensatz zu seiner Verwendung als Differenzierungsprinzip in organologischen Systematiken, unter dem Blickwinkel seiner elektrotechnischen Umsetzung und Anwendung im Zusammenhang des musikalischen Potenzials des Instruments betrachtet werden. Ebenso sind weitere Elemente der Konstruktion unter diesem Blickwinkel zu betrachten, da elektrotechnische Vorrichtungen sich nicht allein auf die Ton- bzw. Klangerzeugung beschränken, sondern sich beispielsweise auch auf die Bedienungsweise der einzelnen Konstruktionen auswirken können.²⁵⁶

Diese Tatsache erfordert zunächst, dass der Begriff der Innovation, wie er sich im Instrumentenbau des 19. Jahrhunderts an dessen Erzeugnissen nachvollziehen lässt, differenziert betrachtet werden muss. Dabei liegt es nahe, die zunehmende Durchdringung des Instrumentenbaus mit technischem Wissen und Vorrichtungen zu berücksichtigen. Die enger werdende Verflechtung von Technologie und Konstruktion konnte im ersten Teil dieser Untersuchung bereits anhand der entstehenden Medien aufgezeigt werden. Sie eröffnete die Möglichkeit der Beeinflussung und schließlich der vollständigen Erzeugung von Tönen und Klängen mit Hilfe technischer Vorrichtungen. Dieses Umfeld, in dem Musik zunehmend zu einem verfügbaren und handhabbaren medialen Objekt umgewandelt wurde, war zugleich Nährboden für das Interesse an ihrer technischen Erzeugung. Anhand des Instrumentenbaus im Verlauf des 19. Jahrhunderts kann wiederum diese Tendenz abgelesen werden. »The period from

²⁵³ Vgl. zu unterschiedlichen Bedienungsarten ausgewählter elektroakustischer Musikinstrumente den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

²⁵⁴ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 157.

²⁵⁵ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung. Darüber hinaus vgl. auch Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 24 f.

²⁵⁶ Vgl. ebenda.

about 1810 to 1880 was characterized by vitality and innovation in the development and manufacture of musical instruments.«²⁵⁷

In einem zweiten Schritt soll das Moment der Innovation mit dem Transfer von Technologie und Wissen, wie sie über das 19. Jahrhundert hinweg außerhalb des Instrumentenbaus entstanden sind, in Verbindung gebracht werden. Dafür muss zunächst der Begriff des Technologietransfers mit der Konstruktion von Musikinstrumenten abgestimmt werden. Somit wird die Entstehung elektroakustischer Instrumente im 19. Jahrhundert als Weiterführung von Strömungen und Tendenzen des Instrumentenbaus darstellbar werden. Allerdings soll dabei auch die Ebene der Anwendung neuer Technologien mit von Interesse sein, um nicht nur eine Phänomenologie technischer Vorrichtungen, sondern deren, in die Instrumentenkonstruktion integrierte und veränderte Funktion sowie deren Auswirkungen auf die musikalischen Charakteristika zu erfassen. Wie bereits bezüglich der neuartigen Klangmanipulationsmöglichkeiten verschiedener elektroakustischer Instrumente erläutert, öffnete sich darüber hinaus eine neue Ebene der Interaktion zwischen Interpreten und Instrument. Die Ausweitung dieser Ebene über ein Bedienungsfeld, das vergleichbar ist mit den Registerzügen der Orgel, erscheint darüber hinaus durch die neuartigen Möglichkeiten angebracht, die elektrotechnische Vorrichtungen zur Klangerzeugung bezüglich ihrer grundsätzlichen Bedienung, beispielsweise der Tonhöhengestaltung ermöglichen. Die Wurzeln der Erweiterung eines Bedienungsfeldes bzw. einer Interaktionsebene können beispielsweise bereits in der Einführung von Klappen und Ventilen im Blechblasinstrumentenbau gesehen werden.

²⁵⁷ Edmund A. Bowles: *Art. Instruments and technology*, S. 471.

2. Innovationen im Musikinstrumentenbau an ausgewählten Beispielen

Überblickt man das Musikschaffen im 19. Jahrhundert, so fällt besonders bei einer Betrachtung des Orchesterrepertoires die zunehmende Vielfalt an verwendeten Instrumenten auf, die sich unter anderem durch den individuellen künstlerischen Ausdruckswillen begründen lässt.²⁵⁸ Symptomatisch kann dieser neue Usus sowohl an einer zunehmenden Klangfarbenvielfalt als auch an einem wachsenden Klangvolumen wahrgenommen werden, wodurch der Farbenreichtum und die Ausdruckskraft bzw. –möglichkeiten des Orchesters gesteigert werden konnten.

Im vorliegenden Abschnitt sollen Innovationen des Musikinstrumentenbaus im Mittelpunkt stehen, anhand derer sich der Wandel, weniger von musikalischen Möglichkeiten, sondern vielmehr von Konstruktionen und Konzeptionen der Instrumente ablesen lassen kann. Der Begriff der Innovation muss dafür allerdings hinsichtlich seiner Bedeutungsmöglichkeiten genauer ausgeführt und nicht allein synonym mit dem Begriff der ›Erfindung‹ aufgefasst werden. Es soll im Folgenden nicht darum gehen, Entwicklungsstränge im Sinne von Genesen verschiedener Instrumentengruppen über den Verlauf des gesamten 19. Jahrhunderts zu erläutern. Vielmehr stehen einzelne Momente von Innovationen im Fokus, anhand derer sie in ihrer Form durch Veränderungen konstruktiver Details oder Voraussetzungen am Instrument verdeutlicht werden können. Das Musikinstrument selbst dient im Folgenden als Objekt der Betrachtung, anhand dessen Aspekte der Innovationen festgemacht werden kann. Es werden daher Instrumente als verfertigte Konstruktionen im Sinne von Artefakten aufgefasst.

1) Innovation als Erweiterung und Variation

Der Begriff ›Innovation‹ eröffnet in seiner grundsätzlichen Weite eine Vielfalt an Möglichkeiten des konkreten Bezuges auf Musikinstrumente. Zunächst können an-

²⁵⁸ Vgl. John Henry van der Meer: *Musikinstrumente. Von der Antike bis zur Gegenwart*. München 1983, S. 198.

hand bereits existierender Instrumentenkonstruktionen Weiterentwicklungen festgestellt werden, deren hintergründiges Konzept beispielsweise auf eine Erweiterung der musikalischen Ausdrucksmöglichkeiten abzielt. Diese Form der Weiterentwicklung vorhandener Konstruktionen wird erfahrbar an dem sich über das 19. Jahrhundert hin entfaltenden Klangfarbenreichtum einzelner Instrumente oder ganzer Instrumentengruppen. Bezogen auf das angefertigte Instrument sind äußere bzw. innere Merkmale dieses Wandels ablesbar. Die nachfolgenden Beispiele sollen bedeutende Innovationen skizzieren, um die Veränderung charakteristischer Merkmale in ihren Auswirkungen auf die Konstruktion zu verdeutlichen.

Innovationen des Instrumentenbaus beeinflussen direkt wie indirekt die jeweiligen klanglichen Möglichkeiten der Musikinstrumente. Neben der Erweiterung des verfügbaren Tonvorrats ist ebenfalls eine Vergrößerung des Klangvolumens bzw. der möglichen Lautstärkedifferenzierung zu bemerken. Bei den Holz- wie Blechblasinstrumenten schlägt sich diese Innovation in dem »...Trend zu perfekterer Chromatisierung und zu mehr Größe und Gleichmäßigkeit der Töne [nieder].«²⁵⁹ Die Einführung von Klappen durch Joseph Haliday in Dublin 1810²⁶⁰ sowie in der Folge die unabhängig voneinander vollzogene Einführung des Ventils ab 1814, sowohl durch Friedrich Blühmel, als auch durch Heinrich Stölzel, bereitete dieser Instrumentengruppe das Potenzial zu einem neuartig handhabbaren Bestandteil innerhalb des Orchesters.²⁶¹ »Das 19. Jahrhundert wurde so das Jahrhundert der Blechblasinstrumente, die den Orchestern jetzt zu nie gekannter monumentaler Klangfülle verhalfen, besonders gekennzeichnet durch die Werke Hector Berlioz', Richard Wagners und Anton Bruckners.«²⁶² Aber auch die Holzblasinstrumente erfuhren, besonders exemplarisch nachvollziehbar an den Konstruktionen Theobald Boehms, einen Innovationsschub, der äußerlich durch die Einführung des Ringklappensystems 1832 relativ leicht zu erkennen ist und dem 1847 ein zylindrisch, statt konisch gebohrter Korpus folgte.²⁶³

²⁵⁹ Hermann Moeck: *Einleitung*, in: ders. (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 7.

²⁶⁰ Vgl. John Henry van der Meer: *Musikinstrumente. Von der Antike bis zur Gegenwart*. München 1983, S. 225.

²⁶¹ Herbert Heyde: *Das Ventilblasinstrument*, Wiesbaden 1987, S. 14 f.

²⁶² Hermann Moeck: *Einleitung*, S. 7.

²⁶³ Vgl. Gunther Joppig: *Holzblasinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 61.

Bereits an diesen Beispielen scheint Innovation zunächst als eine Weiterentwicklung aufzutreten, deren Ziel in gesteigerten musikalischen Möglichkeiten liegt. Sie kann einerseits durch die Einfügung baulicher Zusatzleistungen in bzw. an einer bereits existierenden Instrumentenkonstruktion vollzogen werden. Eine solche Hinzufügung sollte speziell als Erweiterungen bezeichnet werden, wie es beispielsweise an der Einführung von Klappen bzw. Ventilen bei Blech- und Holzblasinstrumenten ersichtlich wird. Andererseits kann sich Innovation als Variation einzelner Konstruktionsdetails vollziehen, wie oben anhand der erwähnten Bohrungsform oder des Griffsystems der Flöte kurz angedeutet wurde. Hinsichtlich des Beispiels der Blechblasinstrumente kann auch das 1814 neu eingeführte Prinzip der Ventile durch verschiedene Arten der Ventilform in den folgenden Jahren als variiert angesehen werden.

Die beiden bisher aufgegriffenen Teilaspekte von Innovation sollten nicht als gegenseitig sich abgrenzende Kategorien eines Systems zur Ordnung einer Entwicklungslinie von Musikinstrumenten verstanden werden. Sie sollen an dieser Stelle als Potenziale aufgefasst werden in deren Form sich Innovation im Instrumentenbau vollziehen kann. Ihre möglichen Auswirkungen auf die Entwicklungsgeschichte jeweils spezifischer Beispiele wiederum können entsprechende Untersuchungen für sich betrachten. Die enge Verwebung dieser beiden Teilaspekte der Innovation, sowohl Erweiterung als auch Variation, kann exemplarisch am Pianoforte aufgezeigt werden. Dieser Typus von Tasteninstrumenten verbreitete sich ab dem ausgehenden 18. Jahrhundert erstmals, wobei die heute noch erhaltenen Archetypen bereits mehrere Jahrzehnte früher konstruiert wurden.²⁶⁴ Bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts hinein erfuhr das Pianoforte dann eine große Entwicklung sowohl hinsichtlich seiner Konstruktion als auch seiner Verbreitung und avancierte allmählich zu dem bedeutenden Musikinstrument, als das es im 19. Jahrhundert bekannt wurde. Beispiele der frühen, heute noch erhaltenen Konstruktionen des Pianofortes, erbaut von Bartolomeo Cristofori, dokumentieren einen charakteristischen Schritt der Innovation.²⁶⁵ An die Stelle des Zupfens von Saiten durch Federkiele trat nun die neue Idee des Anschlagens von Saiten durch Hämmerchen. Die wesentliche Innovation vollzog sich also in der Mecha-

²⁶⁴ Henkel, Hubert/Riedel, Friedrich Wilhelm: Art. *Klavier*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 5, Kassel u.a. 1996, Sp. 291 f.

²⁶⁵ Vgl. ebenda.

nik, der nun eine neue Aufgabe, die des Schlagens, zukam. Die Auswirkungen auf die Instrumentenkonstruktion manifestieren sich in einer neuen Form der Kraftübertragung von Spieler bzw. dessen Finger auf die Saiten, also die klingenden Elemente. Ein großer Teil der Konzeption des gesamten Instruments hinsichtlich seiner bautechnischen Realisierung ist abgeleitet von zeitgenössischen Kielinstrumenten, wie anhand der Korpusgestaltung und der daraus resultierenden Anbringung der Saiten, deutlich ablesbar ist.

Die Einführung einer Hammermechanik kann an dieser Stelle als Innovation im Sinne einer Erweiterung bekannter Konstruktionskonzepte angesehen werden. Indem das bislang angewandte Kraftübertragungsprinzip des Zupfens ersetzt wird durch eine neue Konstruktion, die das Anschlagen einer Saite ermöglicht, wird die Konstruktion der Mechanik nicht variiert, sondern erweitert. Das Konzept des Cembalos wurde zugleich nicht in seiner Gänze fallen gelassen, es stand Pate hinsichtlich der zu bewerkstellenden Konstruktion. Besonders verdeutlicht wird die Nähe früher Piano-forte-Konstruktionen zu der des Cembalos durch das in den 1770er Jahren von Sébastien Erard in Paris erbaute Clavecin mécanique, eine »...in Paris vorgenommene Kombination von Hammerklavier und Cembalo mit getrennten, aber koppelbaren Klaviaturen.«²⁶⁶ Lediglich die Kraftübertragung der Mechanik auf die Saiten wurde in ihrem Funktionsprinzip verändert, so dass dem bereits existierenden Prinzip des Zupfens nun ein neues, das des Anschlagens, zur Seite stand. Es ist zwar nicht zu leugnen, dass das neue Pianoforte, nachdem Cristoforis Konstruktionen zunächst wenig Beachtung fanden, Jahrzehnte später und ab dem 19. Jahrhundert besonders, seinen »Siegeszug« antrat und das Cembalo beinahe vollständig zu verdrängen schien. Aus der heutigen Perspektive historischer Aufführungspraxis allerdings, finden sowohl das Cembalo wie auch die zahlreichen Modelle der Hammerklaviere in ihrer jeweiligen, von den bautechnischen Veränderungen des 19. Jahrhunderts variierten Form, wieder zunehmende Verbreitung. Es wird somit deutlich, dass es aus heutiger Perspektive problematisch wäre, im Musikinstrumentenbau von »Innovationen« als schlichte »Weiterentwicklungen« zu sprechen. Der Begriff der Weiterentwicklung kann eine Steigerung gegenüber bereits existierenden, vergleichbaren bzw. ähnlichen Betrachtungsge-

²⁶⁶ Curt Sachs: *Real-Lexicon der Musikinstrumente. Zugleich Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet*, S. 87.

genständen implizieren. Er wird somit unausgesprochen in einen, wenn vielleicht auch nur begrenzten, teleologischen Kontext eingebettet. Ein solcher Kontext muss jedoch nicht zwingend zutreffen und kann bisweilen auch nicht mehr nachvollzogen oder gar vorausgesagt werden. Daher soll in der vorliegenden Untersuchung Innovation nicht als ›Weiterentwicklung‹, sondern wie oben bereits dargestellt, einerseits als ›Erweiterung‹ und andererseits als ›Variation‹ aufgefasst werden.

Auch dieser zweite Aspekt der Innovation kann am Beispiel des Pianofortes aufgezeigt werden. Nachdem Cristoforis Konstruktionen kaum Beachtung gefunden hatten, gelang seine Idee erst Jahrzehnte später zu einer nachhaltigen Blüte. Innovationen gingen dann wiederum mit der wachsenden Verbreitung des Pianofortes einher. Die zahlreichen Instrumente unterscheiden sich in ihrer Mechanik, ohne jedoch die prinzipielle Funktionsweise, das Anschlagen von Saiten durch Hämmer, zu ändern. Um einer nuancenreicheren und virtuoserer Spielbarkeit sowie einem sich wandelnden Klangideal den Weg zu bereiten, wurde die Mechanik stets verändert und zunehmend komplexer gestaltet. Exemplarisch ist diese Tatsache ablesbar an den verschiedenen, zum Teil parallel existierenden Typen, wie der sog. Prellzungenmechanik, der Stoßzungenmechanik und dem Vorläufer der heutigen Form, der Erardschen Doppelrepetitionenmechanik.²⁶⁷ Man könnte durchaus bemerken, dass eben dieses Beispiel nun doch eine Form der Weiterentwicklung darstellt. Damit würde allerdings der Umstand vernachlässigt, dass man einerseits von einem heutigen Standpunkt aus argumentieren würde, der verbunden ist mit einer dadurch beeinflussten Sichtweise, die den heute vorherrschenden Mechaniktypus als ›das Ziel‹ der Entwicklung ansieht. Zum anderen würde durch eine derartige teleologische Sichtweise vernachlässigt, dass die unterschiedlichen Mechaniken über Jahrzehnte hinweg parallel existierten. Diese Tatsache wurde von Zeitgenossen nicht nur wahrgenommen, sondern sogar als Bereicherung empfunden. So ist von Franz Liszt bekannt, dass er mehrere Klaviere auf der Bühne aufstellen ließ. Sie dienten ihm dabei nicht, wie häufig zu lesen ist, als Absicherung für während des Vortrags zu Bruch gegangene Instrumente. Vielmehr kann von seiner Absicht ausgegangen werden, Kompositionen unterschiedlicher klanglicher Anforderungen auf dem jeweils am besten dafür geeigneten Klaviermodell vorzutra-

²⁶⁷ Vgl. Hubert Henkel/Friedrich Wilhelm Riedel: Art. *Klavier*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 5, Kassel u.a. 1996, Sp. 298 ff.

gen.²⁶⁸ Ebenso spiegelt sich Liszts Bewusstsein bezüglich der individuellen Anschlagscharaktere unterschiedlicher Mechaniktypen in der Aufstellung verschiedener Instrumente in den Räumen seiner Domizile wieder. »Wiener Instrumente zum Unterricht seiner Schüler, die sowohl in äußerer Erscheinung als auch Lautstärke großformatigen Erards oder ein Chickering (in Budapest) als ›Front zum Publikum,‹ Instrumente mit englischer Mechanik (Boisselot, Chickering 1867) zum Alltagsgebrauch, doch zuletzt nur noch als ›Deposita.«²⁶⁹ Indem diverse Varianten der Umsetzung zum Anschlagen von Saiten nicht nur parallel existierten, sondern in ihren Unterschieden auch Niederschlag in künstlerische Leistungen fanden, können sie mit dem Begriff der Innovation in Form einer Variation ein und desselben Prinzips in ihrer Bedeutung treffender erfasst werden, als es durch das Wort ›Weiterentwicklung‹ geleistet wird.

2) Innovation als Konzeption ›neuartiger‹ Instrumente

Überblickt man die Erzeugnisse des Musikinstrumentenbaus im 19. Jahrhundert, so fallen neben den bereits aufgezeigten Beispielen auch Konstruktionen auf, die durch den Begriff der Innovation, wie er bis zu dieser Stelle aufgefächert wurde, noch nicht adäquat erfasst werden. Dabei handelt es sich um Musikinstrumente, die zumindest auf einen ersten Blick als völlig neuartig erscheinen. Allerdings muss auch hier präzise herauskristallisiert werden, was ein ›neuartiges‹ Instrument genau definieren soll. Die oben aufgeführten Beispiele geben bereits einen Einblick auf die umwälzenden Wandlungen, die das Instrumentarium im 19. Jahrhundert erfasst haben. Dass dabei die Grenzziehung zwischen neuartiger Erweiterung oder Variation und völlig neuartigem Instrument problematisch werden kann, liegt auf der Hand. Die beiden bisher erläuterten Kategorien der Innovation können am Instrument als zunehmende bautechnische Komplexität direkt abgelesen werden. Erweiterung und Variation setzen also

²⁶⁸ Vgl. Erich Tremmel: *Klaviergeschichte und Klaviergeschichten*, in: ders./Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Kosmos Klavier. Historische Tasteninstrumente der Klassik* Stiftung Weimar, Augsburg 2011, S. 95 f. sowie S. 111 f.

²⁶⁹ Erich Tremmel: *Innovation im Klavierbau*, in: Franz Körndle/Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Restaurierung und Konservierung historischer Tasteninstrumente in den Sammlungen der Klassik-Stiftung Weimar*, Augsburg 2011, S. 185.

bereits eine existierende Instrumentenkonstruktion voraus, die durch diese beiden Formen der Innovation verändert werden konnten. Damit sind bereits gewisse Rahmenbedingungen präexistent, die als geplante Konzepte bereits vor den ersten handwerklichen Schritten zur Konstruktion, Spezifika des jeweiligen Instruments festlegen. Als Rahmenbedingungen können beispielsweise die Wahl der Werkstoffe wie Holz oder Metall, Einfluss ausüben. Sie können somit abhängig sein von der speziellen Ausrichtung des Instrumentenbaumeisters selbst. Des Weiteren können neue Vorstellungen über die musikalischen Möglichkeiten, wie dem Ambitus, der Agilität oder der gewünschten Klangfarbe und damit häufig der Klangerzeugung, eine gewichtige Rolle spielen. Erst indem mehrere solcher grundlegenden konzeptionellen Vorstellungen über die musikalischen Funktionsweisen und Möglichkeiten eines Musikinstrumentes kombiniert werden entsteht eine neue Ausgangskonstellation vor der eigentlichen Produktion, der baulichen Umsetzung dieser Konstellation. Wie am Beispiel des Hammerklaviers bei Cristofori bereits aufgezeigt, könnte die neuartige Tonhervorbringung durch Anschlagen der Saiten als ein neues Konzept der Klangerzeugung angesehen werden, das auch fundamentale Auswirkung auf die musikalischen Möglichkeiten hatte. Indem jedoch zahlreiche andere konzeptuelle Aspekte vom Cembalo beibehalten wurden, verbleiben die beiden Instrumente in großer Ähnlichkeit zueinander. Die neue Ausgangskonstellation des Hammerklaviers bei Cristofori bezieht sich, zumindest zunächst, lediglich auf die prinzipielle Funktionsweise der Mechanik. Werden jedoch mehrere konzeptuelle Aspekte zu einer neuen Ausgangskonstellation zusammengeführt, so können ›neuartige‹ Instrumente entstehen. Um eine Innovation als neue Konzeption aufzufassen, die sich zu einer neuartigen Ausgangskonstellation von geplanten Eigenschaften des Instrumentes zusammenfügen, steht neben dem Instrument als Dokument der Ausführung, das Feld der Planung vor der eigentlichen Produktion im Fokus der Aufmerksamkeit. Sofern dieses Feld aus heutiger Perspektive überhaupt noch nachvollzogen werden kann, gewährt es Einblick in die Überlegungen und Vorgehensweisen der Instrumentenbaumeister auf ihrem Weg zu neuartigen Konstruktionen.

Wendet man sich wieder der Orchestermusik des 19. Jahrhunderts zu, so stellt die Verwendung derartiger Musikinstrumente kein außergewöhnliches Phänomen dar. Bekannterweise integrierte Hector Berlioz in das Orchester seiner *Symphonie fan-*

tastique zwei Ophikleiden, unter anderem für das solistisch vorgetragene *Dies Irae*-Thema im fünften Satz. »Die Grundkonzeption lag darin, einen achtfüßigen Baß [...] als Fundament der zunehmend mit Blechblasinstrumenten [...] erweiterten Bläserharmonien zu entwerfen, der sowohl über die Beweglichkeit und Intonationssicherheit der Fagotte [...] als auch das volle baßlastige Tonvolumen der Serpente diverser Formen verfügen sollte.«²⁷⁰ Bereits vor der baulichen Ausführung waren wesentliche und neuartige Charakteristika konzipiert. Zunächst ist der Kontext der zu verstärkenden Blechbläsergruppe festzustellen, wodurch mit dem zu verwendenden Material auch ein Teil der Handhabung der Konstruktion durch den Interpreten mitkonzipiert war. Der gewünschte Tonvorrat war damit ebenfalls festgelegt. Darüber hinaus waren die musikalische Agilität, wie sie von einem Vertreter des tiefen Registers der Holzblasinstrumente her bekannt war, sowie der Klang der Ophikleide, der denjenigen des aus der Mode gekommenen Serpents ersetzen sollte, bereits vor der Produktion konzipiert worden.²⁷¹ Die Agilität wurde einerseits durch die Anbringung von Klappen erreicht, wodurch zusätzlich ein chromatischer Tonumfang erreicht wurde, andererseits durch deren spezifische Applikation, wonach »...theoretisch für jede Tonstufe nur jeweils eine Klappe geöffnet werden...«²⁷² musste. Diese Vielzahl an konzeptionellen Aspekten schließen sich nicht allein zu einer neuartigen Ausgangskonstellation zusammen. Sie erfassen folglich auch die bauliche Ausführung.

Allerdings muss festgehalten werden, dass es sich bei der Ophikleide zwar durchaus um ein neues Konzept und eine neue Ausgangskonstellation handelte. Inwieweit sie nun als neuartiges Musikinstrument darzustellen ist, sollte stets von der jeweiligen Untersuchung abhängen. Kritisierend könnte angemerkt werden, dass das Prinzip der Tonerzeugung durchaus kein neues ist, sondern von bereits existierenden Blechblasinstrumenten übernommen wurde. Ebenso sind Klappen nicht erst mit der Ophikleide eingeführt, sondern bereits vorher angewendet worden. Auch die Werkstoffe waren bereits bekannt und die Handhabung durch den Interpreten war von der funktio-

²⁷⁰ Erich Tremmel: Art. *Bügelhorn*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 244.

²⁷¹ So hatte Berlioz im Autograph seiner *Symphonie fantastique* noch den Serpent vorgesehen, ihn jedoch bereits zum Erstdruck durch eine zweite Ophikleide übertragen. Vgl. Lorenz Welker: Art. *Zink*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 9, Kassel u.a. 1998, Sp. 2390.

²⁷² Erich Tremmel: Art. *Bügelhorn*, Sp. 244.

nen Nähe der Konstruktion zu Klappenflügelhörnern ableitbar.²⁷³ Für die vorliegende Untersuchung darf die Ophikleide jedoch als Beispiel dafür gelten, wie eine gezielte Konzeption zu einer neuen Ausgangskonstellation führt, wodurch die Produktion und damit auch die endgültige Form des Instruments geprägt werden und ein neuartiges Instrument entstehen kann. In diesem Falle wurden nicht mehr bloß bereits existierende Instrumente durch bauliche Hinzufügungen oder Verfeinerung erweitert oder variiert.

Nach der Ophikleide, die von dem Blechblasinstrumentenhersteller Jean-Hilaire Asté, gen. Halary²⁷⁴, entwickelt wurde, kann ein weiteres Musikinstrument zur Erläuterung der Innovation als Konzeption ›neuartiger‹ Instrumente dienen. Dabei soll verdeutlicht werden, dass Innovation im Musikinstrumentenbau nicht immer zwingend von einem Instrumentenbaumeister initiiert sein muss. Wie bei der Ophikleide wurden auch im folgenden Falle konzeptionelle Aspekte zu einer neuen Ausgangskonstellation zusammengeführt, die wiederum eine neuartige Instrumentenkonstruktion nach sich zog. In seinen *Beyträgen zur praktischen Akustik* erläuterte Ernst Florens Friedrich Chladni das von ihm konzipierte und konstruierte Euphon sowie den Clavicylinder.²⁷⁵ Beide Instrumente sind hinsichtlich der Konzeption der Klangerzeugung sehr ähnlich. Durch direkte bzw. indirekte Reibung eines metallenen Stabes bzw. einer metallenen Platte werden die Töne erzeugt.

»Ein Clavicylinder ist ein Instrument, wo Stäbe oder schmale Streifen mittelst des Niederdrückens der Tasten einer sich umdrehenden Streichwalze mittelbar oder unmittelbar genähert, und durch deren Reibung zum Klingen gebracht werden. [...] Ein Euphon ist ein Instrument, wo Klangstäbe (d.i. Stäbe oder schmale Streifen, die eigentlich den Klang geben) mit Streichstäben verbunden sind, und durch deren longitudinale Reibung mit den Fingern zum Klingen gebracht werden.«²⁷⁶

Aus diesen kurzen Definitionen Chladnis wird bereits ersichtlich, dass die klingenden Körper, wenn auch nicht völlig neu, so doch zumindest neuartig und direkt auf frühere Forschungsarbeiten des Physikers zurückzuführen sind. Besonders die mittelbare

²⁷³ Vgl. ebenda.

²⁷⁴ Vgl. ebenda.

²⁷⁵ Vgl. Ernst Florens Friedrich Chladni: *Beyträge zur praktischen Akustik und zur Lehre vom Instrumentenbau, enthaltend die Theorie und Anleitung zum Bau des Clavicylinders und damit verwandter Instrumente*, Nachdruck der Originalausgabe von 1821, Leipzig 1980.

²⁷⁶ Vgl. ebenda, S. 9 f.

Klangerzeugung des Euphons durch Reiben eines Glasstabes, dessen Schwingungen sich auf den eigentlichen Klangstab übertragen, weist auf die Jahre zuvor begonnenen Untersuchungen Chladnis hin. Bereits 1787 veröffentlichte er seine Arbeiten zu verschiedenen Schwingungseigenschaften unterschiedlicher Körper mit zahlreichen Abbildungen, den Chladnischen Klangfiguren.²⁷⁷ »Diese kommen zustande, wenn die Schwingung eines flachen Klangkörper sichtbar gemacht werden, z.B. indem Glas- oder Metallplatten mit feinem Sand bestreut und senkrecht zur Berandungsebene an geeigneten Stellen mit einem Geigenbogen zum Schwingen angeregt werden.«²⁷⁸

Sowohl der klingende Körper beider Instrumente war zuvor Gegenstand von Chladnis akustischen Arbeiten, wie auch die Art der Schwingungserregung dieser Körper, somit also der Kraftübertragung durch Friktion. Bei dem Clavicylinder befindet sich eine mit Wasser befeuchtete Glaswalze in permanenter Drehbewegung, woran durch Tastendruck ein Streichstab geführt und so zum Schwingen angeregt wird. Dieser Stab überträgt seine Schwingungen wiederum auf den eigentlichen Klangstab.²⁷⁹ Die Interaktion zwischen Interpret und Instrument ist in diesem Falle, abgesehen vom Fußantrieb für die Walzenbewegung, mit der des Cembalos bzw. Pianofortes ähnlich. Das Euphon hingegen verzichtet auf eine Tastatur, die Glasstäbe werden direkt durch die Finger des Spielers gestrichen. Aber auch sie vermitteln ihre Schwingung weiter an die tatsächlich klingenden Stäbe. »Die Glasstäbe ragen aus dem Gehäuse hervor und liegen wie bei einer Klaviatur vor dem Spieler nebeneinander, welche dann vor- und zurückgerieben werden.«²⁸⁰ Chladnis Konstruktionen greifen zurück auf das bereits bekannte Prinzip der Reibung eines Körpers zur Klangerzeugung. Beide Instrumente sind somit zumindest bezüglich ihrer Kraftübertragung auf den schwingenden Körper mit der Glasharmonika zwar verwandt, die ebenfalls ein Friktionsinstrument ist. Allerdings sind sie dennoch unterschiedlich, indem nicht mehr der klingende Körper

²⁷⁷ Vgl. Ernst Florens Friedrich Chladni: *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Nachdruck der Originalausgabe von 1787, Leipzig 1980, S. 3. Vgl. hierzu auch den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung.

²⁷⁸ Hermann Richard Busch: Art. *Chladni*, Ernst Florens Friedrich, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 4, Kassel u.a. 2000, Sp. 957.

²⁷⁹ Vgl. Ernst Florens Friedrich Chladni: *Beyträge zur praktischen Akustik und zur Lehre vom Instrumentenbau*, S. 9 f. In der Darstellung des Clavicylinders und des Euphons von Sascha Reckert fehlt dieses Detail. Vgl. ders.: Art. *Glasharmonika*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 3, Kassel u.a. 1995, Sp. 1410.

²⁸⁰ Ebenda.

selbst in Bewegung ist. Während das Clavicylinder den reibenden Körper permanent bewegt, erfolgt die Bewegung beim Spiel auf dem Euphon durch die Bewegung der Finger des Interpreten, der Bewegungsaufwand ist also unmittelbar kontrollierbar.²⁸¹ Ein weiterer, zumeist vernachlässigter Unterschied zur Glasharmonika ist die Wahl des klingenden Materials. Die Glasstäbe des Euphons selbst klingen nicht, sondern dienen lediglich als Überträger der Schwingungen. Die hörbar schwingenden Elemente beider Konstruktionen Chladni können wiederum »...aus einer hinlänglich harten oder elastischen Materie bestehen...«.²⁸² Einen weiteren Hinweis über die Konzeption musikalischer Eigenschaften beider Instrumente gibt Chladni im ersten Paragraphen des Abschnittes über den Bau seines Clavicylinders.

»Die gewöhnlichen Instrumente, welche mit Tasten gespielt werden, haben die Unvollkommenheit, daß sie nicht singen, d.i. daß man die Töne nicht, so lange sie eigentlich dauern sollten, mit anwachsender, gleichbleibender, oder abnehmender Stärke fort dauern lassen kann, so wie man dieses auf allen Streich- und Blasinstrumenten in seiner Gewalt hat, welchen aber die Vollstimmigkeit der Tasteninstrumente fehlt.«²⁸³

Für das Euphon darf dieses Detail der Konzeption als ebenso zutreffend angenommen werden, wobei die Tondauer analog zu Streichinstrumenten durch den Wechsel von Auf- und Abstreichen, die Lautstärke durch Änderung des Drucks und der Reibegeschwindigkeit der Finger beeinflusst werden kann.²⁸⁴ Indem Chladni also das Prinzip der Kraftübertragung durch Friktion, bereits bekannt sowohl von Streichinstrumenten als auch von den unterschiedlichen Formen der Glasharmonika, zusammenführte mit der Möglichkeit, auf einem Instrument eine Vielzahl an Tönen gleichzeitig erklingen zu lassen, erhoffte er sich eine Kulmination der jeweiligen musikalischen Eigenschaften in seinen Instrumenten. Hinsichtlich ihrer Konzeptionen sind beide durchaus neuartig, besonders indem Kräfte mittelbar übertragen werden. Außerdem weist der Konstrukteur selbst auf die Freiheit der Materialauswahl, darüber hinaus auch noch der Formwahl, für die klingenden Elemente hin.

²⁸¹ Chladni selbst versteht besonders die Idee seines Clavicylinder der Idee der Harmonika als entgegengesetzt. Vgl. ders.: *Beyträge zur praktischen Akustik und zur Lehre vom Instrumentenbau*, S. 9 f.

²⁸² Ebenda, S. 9. Die zitierte Aussage bezieht sich lediglich auf den Clavicylinder. Auf der folgenden Seite wiederholt Chladni jedoch diese Feststellung bezüglich des Euphons.

²⁸³ Ebenda, S. 33.

²⁸⁴ Vgl. ebenda, S. 135.

Realisieren konnte Chladni seine Konzepte mit Hilfe der von ihm selbst geleisteten naturwissenschaftlichen Untersuchungen zu Körpern, die er durch Friktion zum Schwingen bzw. Klingen brachte. Damit erweiterte er seine Möglichkeiten einer Konzeption von Musikinstrumenten um theoretisches Vorwissen, das ihm eine erfolgreiche bauliche Umsetzung gewünschter musikalischer Eigenschaften ermöglichte. Es tritt bezüglich der Konzeption nun, neben den Kanon praktischen Wissens um den eigentlichen Fertigungsprozess sowie um einzelne handwerkliche Schritte, eine neue, theoretisch erschlossene Ebene hinzu. Sie ermöglichte es Chladni, gewünschte Eigenschaften der zu realisierenden Konstruktion in den Prozess der Konzeption mit einzubeziehen. Zwar garantierte eine theoretisch fundierte Konzeption nicht zwangsläufig auch eine den Ansprüchen gerecht werdende Realisation. Sie gab allerdings dem Prozess der Konstruktion – zumindest teilweise – den Anschein, objektiv fundiert zu sein. Bezüglich akustischer Phänomene zu Beginn des 19. Jahrhunderts »...beobachtete [man] probierend und probierte beobachtend. [...] Die Erfahrungswerte der Praktiker, in Patentanträgen oft im Brustton der Überzeugung vorgetragen, erwiesen sich bisweilen als irrtümlich oder nur teilweise richtig, so daß gesicherte Erfahrungswerte oft hart erarbeitet werden mußten.«²⁸⁵

Innovation im Sinne einer neuen Konzeption, nun jedoch nicht allein musikalischer oder bautechnischer Eigenschaften, sondern unter Einbeziehung theoretischen Vorwissens über erwünschte klangliche Eigenschaften des Instruments kann am Beispiel Ernst Florens Friedrich Chladnis besonders verdeutlicht werden. Dennoch muss festgehalten werden, dass auch diese Instrumente keine vollständigen Neuheiten darstellten. So griff der Clavicylinder auf die bekannte Interaktionsschnittstelle der Klaviertastatur zurück, ebenso wie auf das Prinzip der Friktion zur Klangerzeugung, obwohl das bewegte Element nicht gleich dem klingenden war, wie es noch für die Glasharmonika zutraf.²⁸⁶ Das Euphon wiederum zeichnete sich durch etwas abstraktere Umsetzungen sowohl des Manuals als auch der Friktion aus. Statt einer Klaviatur waren die Glasstäbe selbst in der bekannten Form von Unter- und Obertasten angeordnet. Es sei jedoch festgehalten, dass selbst ein solcher Bezug auf eine Klaviatur nicht völlig neu war. Für die Glasharmonika, in der Form, wie sie Benjamin Franklin konzipiert

²⁸⁵ Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau*, S. 30 f.

²⁸⁶ Vgl. Sascha Reckert: Art. *Glasharmonika*, Sp. 1403 f.

hatte, stellt Curt Sachs fest, dass diejenigen, mit den Fingerkuppen gestrichenen Glaschalen durch einen goldenen Strich markiert seien, »...die den Obertasten des Klaviers entsprechen.«²⁸⁷ Ein bezüglich der zahlreichen Dimensionen wirklich neues Musikinstrument, eine tatsächlich neue Erfindung, scheint eine in der Praxis kaum auffindbare Vorstellung zu sein. Selbst ausgefallene Konstruktionen, wie am Beispiel Chladnis aufgezeigt werden konnte, sind mit bereits bekannten Elementen unterschiedlichen Charakters zumindest verwandt. Allerdings kann für das 19. Jahrhundert festgestellt werden, dass die Praxis zunimmt, neuartige Konzeptionen zu erarbeiten, die wiederum zu neuartigen Ausgangskonstellationen von zu erfüllenden Ansprüchen zusammenlaufen.

Von Beginn des 19. Jahrhunderts an lässt sich im Musikinstrumentenbau eine sehr große Anzahl von Innovationen anhand in Museen oder in Händen privater Sammler erhaltener Konstruktionen nachvollziehen. In obigen Überlegungen zu qualitativ unterschiedlichen Ausprägungen von Innovationen wird deutlich, dass neben der Fortführung bereits bekannter Instrumente auch neuartige Konstruktionen entstanden sind. Basierend auf bereits bekannten konzeptuellen Aspekten, wie beispielsweise der Klangerzeugung, der Form der Interaktion des Interpreten mit dem Instrument – beides ging zu diesem Zeitpunkt noch überwiegend einher mit der Instrumentengattung, wie Blech- oder Holzblas- oder Tasteninstrument – sowie der musikalischen Möglichkeiten, wurden neuartige Instrumente entwickelt. Dennoch beziehen sich hinsichtlich ihrer Konstruktionsdetails auch derartige Neukonzeptionen, wozu die Beispiele der Chladnischen Instrumente gerechnet werden dürfen, noch häufig auf damals bereits bekannte Instrumente bzw. auf deren verschiedene Einzelaspekte. »Innovation gelingt durch das beständig neue Kombinieren bewährter Module, die durch das intensive Studium zeitgenössischer und alter Meister bestens bekannt sind. Das Einfügen eigener schöpferischer Leistungen gelingt durch das vorhandene Gerüst bestens und wird in der Regel durch das Gelingen gekrönt.«²⁸⁸ Neue Erkenntnisse auf wissenschaftlichen Gebieten eröffneten der individuellen Vorstellungskraft die Mög-

²⁸⁷ Curt Sachs: *Real-Lexicon der Musikinstrumente. Zugleich Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet*, S. 159.

²⁸⁸ Helmut Balk: *Das Musikinstrument als historische Quelle*, in: Franz Körndle/Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Restaurierung und Konservierung historischer Tasteninstrumente in den Sammlungen der Klassik-Stiftung Weimar*, Augsburg 2010, S. 42.

lichkeit, durch kreative Kombination neue Ideen zu verwirklichen. Damit wurde die Konzeption, die planvolle Überlegung vor der eigentlichen Konstruktion zunehmend bedeutender. »Um 1815–1835 setzte sich in der Praxis immer mehr die Auffassung durch, daß die Güte der Musikinstrumente mit davon abhinge, daß und in welchem Grade die akustischen Prinzipien erfaßt und angewendet würden.«²⁸⁹ Inwiefern sich diese neue Herangehensweise von Instrumentenbaumeistern und Konstrukteuren jedoch auf den Charakter der jeweiligen Innovation auswirkte, müsste für jeden Fall neu betrachtet werden. Innovation im Sinne einer Erweiterung, bzw. Variation kann begrifflich und inhaltlich nicht pauschal und eindeutig getrennt werden von Innovation im Sinne einer Konzeption, die zu einer komplexen Konstellation unterschiedlicher Anforderungen führt. Vielmehr wird eine solche Unterscheidung erst unter Zuhilfenahme einer zweiten Bezugsebene sinnvoll möglich, womit der zur Innovation beschrittene Weg erfasst werden kann. Wie anhand der Konstruktionen Chladnis beispielhaft aufgezeigt werden konnte, nahm die Bedeutung der Ebene des Wissens um das zu erreichende Ziel, also um physikalische bzw. akustische Phänomene, bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu. Als zweites Moment kam die Integration dieses Wissens in den neuen Kontext der Instrumentenkonstruktion, so dass disparate Wissensfelder nun zunehmend miteinander verknüpft wurden und zu einer Produktinnovation führen konnten.

²⁸⁹ Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau*, S. 30.

3. Technologietransfer im Instrumentenbau

Die zahlreichen Innovationen im Repertoire der Musikinstrumente des 19. Jahrhunderts sind direkt ablesbar an den tatsächlich verfertigten und heute zum Teil noch erhaltenen Instrumentenkonstruktionen. Die in den Musikinstrumentenabteilungen verschiedener Museen erhaltenen Exemplare legen Zeugnis ab über einen enorm wachsenden Zustrom neuer Ideen zur Innovation von Instrumenten, der sich in relativ kurzer Zeit ereignet hat. Überblickt man diesen Zustrom insgesamt, kann man feststellen, dass Innovationen im Sinne von Erweiterung und Variation in überwiegender Zahl einhergehen mit der Zunahme an baulich sich ausweitender Komplexität. Klappen und später Ventile für Blechblasinstrumente erhöhen sowohl den Aufwand an zu leistenden Arbeitsschritten als auch an zu fertigenden Bauteilen. Ebenso trifft diese Feststellung für Boehms neue Flötenmechanik, wie auch für die verschiedenen Hammerklaviermechaniken zu. Darüber hinaus wurden neuartige Instrumente konstruiert, zumeist basierend auf bereits bekannten Konzepten zur Gestaltung der Klangerzeugung, der Interaktionsmöglichkeit sowie der Gestaltung der musikalischen Möglichkeiten, wie beispielsweise Ambitus, oder auch Klangfarbe.

Diese sich ausweitende Komplexität erscheint einerseits als direkte Folge der zunehmenden handwerklichen Möglichkeiten in der Produktion durch neue Werkstoffe, Materialien, Werkzeuge und Herstellungsverfahren. Andererseits findet sie jedoch eine weitere Begründung in der Verknüpfung von naturwissenschaftlichen Fachgebieten, wie der Physik, dabei besonders der Mechanik und der Akustik, mit dem Wissen um die Konstruktion von Musikinstrumenten.²⁹⁰ Bereits anhand der ausgewählten Beispiele des Wandels im Blech- und Holzblasinstrumentenbaus sowie des Klavierbaus können solche Verknüpfungen abgelesen werden. Teils sind sie durch die Verbindung einzelner Personen, wie beispielsweise Friedrich Blühmel, Theobald Boehm und Ernst Florens Friedrich Chladni, zu technisch oder wissenschaftlich geprägten Berufen oder Einrichtungen gegeben.

»Die Erfindung der Ventilinstrumente um 1814 war keine direkte Folge der Entwicklung von Technik, Fabrikwesen und Wissenschaft, denn

²⁹⁰ Vgl. hierzu den Abschnitt II.2.2) *Innovation als Konzeption »neuartiger« Instrumente*, S. 107–115 in dieser Untersuchung.

Rohrverteiler und Ventile waren im Wasserleitungsbau, an den Gebläsen der Hochöfen und bei den Dampfmaschinen seit langem bekannt. [...] Wohl aber wirkten die vorhandenen technischen Einrichtungen auf die Konstruktion der Ventilinstrumente anregend, was Friedrich Blühmel, einer der Ventilfinder, selbst bestätigte: Als um 1810–1813 in den schlesischen Eisenhüttenwerken neue Gebläse eingeführt wurden, ließ er sich von den Maschinisten in den Gebrauch der Windleitungen und Hähne einführen.«²⁹¹

Eine analoge Situation ergibt sich wiederum durch die vielseitige Betätigung einer Person auf verschiedenen Gebieten, wodurch das Potenzial zu Transferleistungen zwischen verschiedenen Wissensfeldern eröffnet wurde, wie es am Beispiel Boehms besonders exemplarisch abgelesen werden kann. Dieser betätigte sich nach bereits »...in seiner Jugend gelegten Grundlagen einer Ausbildung als Goldschmied...«²⁹² sowie nach seiner musikalischen Laufbahn auch als Mechaniker, Erfinder und Ingenieur.²⁹³

Diesen Beispielen steht die Situation gegenüber, in der als Musikinstrumentenbauer ausgebildete Personen zunehmend wissenschaftliche Erkenntnisse in ihr Handwerk einfließen lassen. Dabei wurde naheliegender Weise zunächst die Akustik herangezogen. Innovationen fanden nun nicht mehr einfach nach dem Prinzip ›Versuch und Irrtum‹ statt, was allein schon aus ökonomischer Sicht für Instrumentenbauwerkstätten untragbar gewesen wäre.²⁹⁴ Selbst Personen, die nicht auf Instrumentenbau spezialisiert waren und sich zu einer Konstruktion, die für uns heute noch erfassbar ist, entschlossen hatten, wagten damit nicht einfach einen Schritt ins Ungewisse. Wie am Beispiel Chladni zu sehen ist, gingen der eigentlichen Konstruktion – die nicht zwangsläufig von derselben Person ausgeführt werden musste – konzeptionelle Überlegungen voran. Sie betrafen nicht allein die musikalischen Eigenschaften, oder Details des Produktionsprozesses. In zunehmendem Maße wurden dabei neuartige Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung mit einbezogen, womit der Konstruktion bisweilen auch ein wertsteigernder sowie individueller Charakter verliehen werden sollte. Dem

²⁹¹ Herbert Heyde: *Das Ventilblasinstrument*, S. 9.

²⁹² Erich Tremmel: *Blasinstrumentenbau im 19. Jahrhundert in Südbayern* (= Collectanea Musicologica 3), Augsburg 1993, S. 76.

²⁹³ Vgl. Manfred Hermann Schmid: *Theobald Boehm – Die Revolution der Flöte* (= Veröffentlichungen des Musikinstrumentenmuseums München 1), Tutzing 1981, S. 45 f sowie S. 85 ff.

²⁹⁴ Vgl. Helmut Balk: *Das Musikinstrument als historische Quelle*, S. 41 f.

Prinzip der Innovation im Bereich des Musikinstrumentenbaus im 19. Jahrhundert kann ein übergreifendes Referenzmodell, das des Technologietransfers zugeordnet werden.

1) Technologietransfer als innovatives Prinzip

Der Begriff des Technologietransfers ist bislang noch kaum bezüglich des Musikinstrumentenbaus angewandt worden. Hinsichtlich einer adäquaten Beschreibung der vielfältigen Entwicklung von Musikinstrumenten, besonders derjenigen, die ab dem Ende des 19. Jahrhunderts elektrische Energie zur Hervorbringung von Tönen und Klängen benötigen, liegt eine Betrachtung der Transferleistung und der dadurch ermöglichten Konstruktionen jedoch nahe. Sicherlich können damit allerdings nicht sämtliche innovativen Erscheinungen an Instrumentenkonstruktionen erfasst werden. Wie bereits erläutert, weisen zahlreiche Innovationen sowohl im Sinne von Erweiterung und Variation bereits existierender Instrumentenmodelle als auch im Sinne einer neuen Konstellation konzeptioneller Vorstellungen, ein sich verdichtendes Netz unterschiedlicher Wissensbereiche auf, das durch Transferleistungen geknüpft werden konnte. Das Prinzip des Technologietransfers stellt damit das Potenzial für ein Bezugsmodell dar, das auf vielfältige Weise für den Instrumentenbau angewendet werden kann. Abgeleitet von dem englischen Ausdruck ›transfer of technology‹ impliziert die deutsche Übertragung ›Technologietransfer‹, die den Begriff ›Verbreitung technischer Neuerungen‹ ablöste, ein erweitertes Verständnis von ›Technik‹, das neben Artefakten auch Wissen und Können umfasst.²⁹⁵

»Der T[echnologietransfer] der N[eu]z[eit]. ist bes. im Zuge eines stärkeren Interesses am techn. Wandel und am Begriff der Innovation in den Blick gerückt. Mit der Ablösung der ›Heroentheorie‹, nach der Innovationen der Genialität einzelner ›Erfinder‹ entspringen, sind ökonomische und kulturelle Kontexte der Technikentwicklung in den Fokus getreten. Hinzu kommt die Betonung gradueller Entwicklungen. Inhaltlich gilt das Interesse der neueren Forschung neben Verfahren und Prozessen auch Produk-

²⁹⁵ Vgl. Bernd Hausberger u.a.: Art. *Technologietransfer*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 13, Stuttgart 2011, Sp. 319.

innovationen und damit Transferprozessen der Produktimitation und – modifikation.«²⁹⁶

Die Orientierung an konkreten Produkten sowie deren Innovationen trifft auch den Moment des Wandels der Musikinstrumente im 19. Jahrhundert. Zwar erscheint die Nennung einzelner Personen noch der ›Heroentheorie‹ verbunden. Indem allerdings deren Namen nicht für die tatsächliche ›Erfindung‹ einer Vorrichtung, wie beispielsweise der Ventilmechanismen stehen, sondern für eine, oder sofern heute noch beurteilbar, für die erste Übertragung und Integration dieser Vorrichtungen in eine Instrumentenkonstruktion, verkörpern diese Personen lediglich die Realisierung der Transferleistung. So können Innovationen im Sinne von Erweiterungen und Variationen durch technische Konstruktionen oder Vorrichtungen, aber auch, wie am Beispiel des Klavierbaus sowie der beiden Konstruktionen Chladni oben erläutert, durch konzeptionelle Anwendung theoretischer Wissensgebiete vollzogen werden.²⁹⁷ Dies trifft ebenfalls für Innovationen im Sinne neuartiger Konzeptionen von Instrumenten zu, aufgrund deren neuer Ausgangskonstellationen eine materielle Ausformung des Zusammenwirkens einzelner Bauelemente nicht mehr einer bereits existierenden Instrumentenform folgen muss. Somit können Innovationen im Musikinstrumentenbau des 19. Jahrhunderts mit dem Prinzip des Technologietransfers nicht nur prinzipiell erfasst werden. Dieses Prinzip kann auch auf die oben erfolgte ausdifferenzierte Bedeutung des Begriffes der Innovation bezüglich des Musikinstrumentenbaus angewendet werden.

Neben dem eigentlichen Einfluss des Technologietransfers auf Innovationen sind auch die Kontexte von besonderem Interesse, in denen Technologietransfer überhaupt stattfinden konnte. Dabei muss die allgemeine Formulierung umgestaltet werden, um auf Gegebenheiten des Instrumentenbaus übertragbar zu werden.

»Die Vermittlung von technischem Wissen und Können erfolgte in der Nz. in verschiedenen Kontexten: zunächst in Haushalt, Betrieb oder Institutionen durch Ausbildung bzw. Zusammenarbeit; dies wird als vertikaler Transfer bezeichnet. Andererseits verbreiteten sich techn. Wissen und Können horizontal von Region zu Region, zwischen polit. definierten Territorien oder auch in globaler Perspektive zwischen Kontinenten. Solcher

²⁹⁶ Ebenda, 320.

²⁹⁷ Vgl. hierzu Abschnitt II.2. *Innovationen im Musikinstrumentenbau an ausgewählten Beispielen*, S. 102–115 in dieser Untersuchung.

T. konnte aktiv gefördert werden, z.B. von Territorialherren; er umfasste aber auch nicht intendierte Prozesse im Sinne einer Ausstrahlung [...], z.B. als Begleiterscheinung von Migrations- bzw. Austauschprozessen.«²⁹⁸

Diese Unterteilung in eine vertikale und horizontale Dimension erscheint auch für den Musikinstrumentenbau im Allgemeinen zutreffend. Dabei verbliebe der vertikale Transfer bezogen auf die Institution der Instrumentenbauwerkstatt, den darin arbeitenden Personen und den darin stattfindenden Prozessen der Wissensfestigung durch Ausbildung, der Tradierung aber auch der Ausweitung dieses Wissens durch Erweiterungen und Variationen der in der Werkstatt verfertigten Konstruktionen. Horizontale Transferleistungen dagegen wären durch die Migration entsprechend ausgebildeter Arbeitskräfte, aber auch durch den Handel, die Ein- oder Ausfuhr von Musikinstrumenten aus oder in fremde Regionen sowie der Verbreitung neuer Konstruktionsprinzipien in entsprechenden Publikationen gegeben. Ein weiterer Aspekt horizontaler Transferleistung im Musikinstrumentenbau kann darin gesehen werden, dass Instrumentenbaumeister sich außerhalb ihrer Profession neues Wissen aneignen, das in einem zweiten Schritt in die von ihnen angefertigten Produkte einfließen kann.

Aus dieser Perspektive wäre die erstmalige Anwendung von Ventilen ebenso wie die zylindrische Bohrung des Flötenkorpus als horizontale Transferleistung zu betrachten, da in beiden Fällen außermusikalische Erkenntnisse bzw. technische Vorrichtungen aus Forschungsarbeiten Einzug in Konstruktionen von Musikinstrumenten hielten. Ebenso können Clavicylinder und Euphon als horizontale Transferleistungen Chladni betrachtet werden. Indem die Perspektive nun von der Konstruktion ausgeht, woran die Transferleistung ablesbar ist, müsste der Umstand, dass der Konstrukteur selbst kein ausgebildeter Instrumentenbauer war, sondern als Naturwissenschaftler seine akustischen Erkenntnisse in das Feld des Instrumentenbaus transferieren konnte, nicht störend wirken. Im Gegenteil öffnet diese Perspektive den Blick auf Potenziale, die eine Transferleistung insofern begünstigten, dass sich entsprechende Personen dadurch ein zusätzliches Tätigkeitsfeld, das des Musikinstrumentenbaus, erschließen konnten.

Vertikaler und horizontaler Technologietransfer erscheinen beinahe unmittelbar übertragbar auf den Aspekt der Innovation im Musikinstrumentenbau des 19. Jahr-

²⁹⁸ Bernd Hausberger u.a.: *Art. Technologietransfer*, Sp. 319.

hunderts, wie er einführend aufgefächert wurde.²⁹⁹ So kann horizontaler Technologietransfer prinzipiell jederzeit durch kreative Leistung erfolgen und eine Innovation im Sinne der Erweiterung evozieren, wie es beispielsweise bei der Einführung von Ventilsystemen an Blechblasinstrumenten der Fall ist. Er kann allerdings auch Innovationen im Sinne von Variationen hervorbringen, indem beispielsweise neues Wissen durch eine neu in den Betrieb aufgenommene Arbeitskraft in einen entsprechenden Entwicklungsprozess einfließt. Vertikaler Technologietransfer wiederum scheint zunächst einleuchtend und direkt beziehbar auf Innovation im Sinne von Erweiterung oder Variation, indem beispielsweise eine Instrumentenwerkstatt durch Tradierung von Wissen und technischer Fertigkeit gewisse Vorrichtungen an Instrumenten stets verbessert, wie es bezüglich der unterschiedlichen Klaviermechaniken der Fall war. Allerdings sollte vertikaler Technologietransfer nicht auf diesen Aspekt von Innovation allein eingegrenzt werden. So kann gerade das Beispiel der Ophikleide dazu dienen, wie vertikaler Technologietransfer auch bezüglich neu konzipierter Instrumente angenommen werden kann. Indem Jean-Hilaire Asté mit deren Konstruktion seine eigentliche Profession als Blechblasinstrumentenbauer weiter ausüben konnte, übertrug er sein diesbezüglich erworbenes Wissen um die Fertigung der Mechaniken von Klappen, das er aller Wahrscheinlichkeit nach bereits zuvor für die Konstruktion für Klappenhörner angewandt hatte, auf das neuartige Konzept der Ophikleide.³⁰⁰ Zur Abgrenzung gegenüber einem horizontalen Technologietransfers wäre an diesem Beispiel zu verdeutlichen, dass das Wissen und die Fertigkeiten zur Realisierung der Konstruktion bereits vorhanden waren. Lediglich die neue Konzeption des Instruments stellt in diesem Fall das entscheidende Moment der Transferleistung dar. Es fand bei diesem Beispiel keine erstmalige Inkorporierung neuer Technologien oder neuen Wissens statt, sondern eine neue Konzeption, die mit dem bereits vorhandenen Wissen um die Verfertigung von Klappensystemen für Blechblasinstrumente, realisiert werden konnte.

Das Modell der Innovation im Musikinstrumentenbau des 19. Jahrhunderts, das sowohl Erweiterungen bzw. Variationen bereits existierender Musikinstrumente, als

²⁹⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.2. *Innovationen im Musikinstrumentenbau an ausgewählten Beispielen*, S. 102–115 in dieser Untersuchung.

³⁰⁰ Vgl. Erich Tremmel: Art. *Bügelhorn*, Sp. 244.

auch neue Konzeptionen von Instrumenten umfasst, ist prinzipiell unabhängig von dem Aspekt des Technologietransfers aufzufassen. Allerdings können beide miteinander verknüpft werden, um die Ausprägung der Innovation näher zu charakterisieren. Diese Art der Charakterisierung ist besonders naheliegend, wenn man sich der Entwicklung von elektroakustischen Musikinstrumenten nähern möchte, wie es für die vorliegende Untersuchung insgesamt zutrifft. Wie bereits im ersten Teil dieser Arbeit dargestellt wurde, findet etwa seit dem letzten Viertel des 19. Jahrhunderts bezüglich der Musik im Allgemeinen ein zunehmendes Eindringen von technischen Vorrichtungen zur Konservierung, Aufzeichnung und Wiedergabe akustischer Ereignisse statt. Als Medien konnten sie bereits im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts einen Großteil ihrer Wirkungen auf die damalige europäische bzw. europäisch geprägte Musikkultur entfalten.³⁰¹

Diese offensichtliche technische Durchdringung der Musik und ihrer Handhabung legt die Wahl des Aspektes eines Technologietransfers nahe, um damit auch Innovationen des Musikinstrumentenbaus ab dem 19. Jahrhundert zu charakterisieren. Wie bereits an den unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten des Technologietransfers und der Innovation aufgezeigt wurde, wäre eine direkte Koppelung dieser Aspekte an das Berufsbild des Musikinstrumentenbauers nicht zwingend zutreffend. Sowohl Blümel, als auch Boehm oder Chladni und, wie in einem späteren Abschnitt noch zu zeigen sein wird, auch die überwiegende Zahl derjenigen Personen, die schließlich elektroakustische Musikinstrumente konstruieren sollten, waren hauptberuflich keine Musikinstrumentenbauer.³⁰² Obgleich der Beruf des Musikinstrumentenbauers im 19. Jahrhundert ebenfalls grundsätzliche Wandlungen erfuhr, kann dieser konkrete Aspekt bezüglich des Fokus dieser Untersuchung vernachlässigt werden. Der nachfolgende Exkurs soll an dieser Stelle einen Einblick gewähren, welche Komplexität das Feld des Technologietransfers darstellt. Eine Systematisierung wäre zwar wünschenswert. Angesichts der zahllosen Faktoren, die dieses Feld prägen, erscheint es jedoch innerhalb des Rahmens der vorliegenden Untersuchung als eine Aufgabe, die nicht weiter verfolgt werden kann.

³⁰¹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.5. *Zusammenfassung*, S. 80–84 in dieser Untersuchung.

³⁰² Vgl. hierzu den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

Exkurs I: Überblick zur Bildung institutioneller Infrastruktur des Technologietransfers im 19. Jahrhundert

Für den Aspekt des Technologietransfers ist es von Bedeutung, inwiefern sich Strukturen ausbildeten, durch die sich entsprechendes Wissen verbreiten konnte. Er impliziert somit bereits eine Vielzahl an Faktoren, die zunächst erfüllt sein müssen, damit sowohl Technologien als auch das theoretische Wissen darüber generiert, verbreitet und rezipiert werden können. Indem der eigentliche Transfer als kreative Leistung einer Person oder Personengruppe meist nur schwer nachvollziehbar ist, können auch aus heutiger Perspektive durchaus noch Institutionen und deren Wirken ausgemacht werden, die sowohl zur Wissensbildung und Technologieentwicklung, als auch zu deren Verbreitung beitrugen. Dabei muss allerdings eine perspektivische Ausrichtung, bezogen auf den Fokus der vorliegenden Untersuchung stattfinden. Es soll und kann an dieser Stelle keine vollständige Darstellung der sich wandelnden gesellschaftlichen Strukturen und neu gegründeten Institutionen gegeben werden. Dazu wäre beispielsweise die aufkommende Gewerbefreiheit zu zählen, die ab 1798 in den linksrheinischen Gebieten und ab 1809 in der überwiegenden Zahl der Rheinbund-Staaten den Musikinstrumentenbau beeinflusste.³⁰³ Ebenso löste sie eine allmähliche Wandlung der damit verbundenen rechtlichen Rahmenbedingungen aus. Hinsichtlich der jeweils unterschiedlichen juristischen Regelungen in einzelnen Staaten sowie des Umstands, dass das Gewerbe des Musikinstrumentenbaus begrifflich nicht präzise in den damaligen Dokumenten erfasst war, entspräche eine umfassende Untersuchung dieser Umstände einer eigenständigen und überaus komplexen Forschungsaufgabe.³⁰⁴ Wie bereits festgestellt, kann des Weiteren dieser Umstand aufgrund der außerhalb des herkömmlichen Instrumentenbaugewerbes stattfindenden Entwicklung elektroakustischer Musikinstrumente, vernachlässigt werden. Im Gegensatz dazu lässt sich aller-

³⁰³ Vgl. zu den Jahreszahlen bezüglich der Gewerbefreiheit Wilfried Reininghaus: Art. *Gewerbepolitik*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 4, Stuttgart 2006, Sp. 843.

³⁰⁴ Als bisher einzigartige ausführliche Darstellung zum Wandel des Musikinstrumentenbaus, eingeschränkt auf das Staatsgebiet Preußens vgl. Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau in Preußen*, Tutzing 1994. Ebenfalls über den Wandel sowie über die Problematik der begrifflichen Erfassung des Musikinstrumentenbaus als einheitliches Gewerbe durch die sog. *Montgelas-Statistik* zu Beginn der Gewerbefreiheit am Beispiel Bayerns vgl. Erich Tremmel: *Der Musikinstrumentenbau im Königreich Bayern während des 19. Jahrhunderts im Lichte der Gewerbestatistiken*, in: Franz Krautwurst (Hrsg.), *Augsburger Jahrbuch für Musikwissenschaft* VII (1990), S. 117–176.

dings das Entstehen von Einrichtungen beobachten, die im Verlauf des 19. Jahrhunderts zur Erschließung und Verbreitung von Wissen beitrugen. Ein entscheidender Wandel, besonders bezüglich der Erschließung entsprechenden Wissens, war die Entstehung des Fächerkanons der Naturwissenschaften, innerhalb dessen sich Elektrotechnik als ein Teilgebiet der Physik ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts etablieren sollte.³⁰⁵ Zum Jahrhundertbeginn entfalteten sich zunächst einzelne eigenständige Fachbereiche. »Eine selbstbewusste Herausbildung einzelner Felder der N[aturwissenschaft] als Disziplin mit eigenen fachlichen Kommunikationsstrukturen und Ausbildungswegen begann erst im frühen 19. Jh.«³⁰⁶ Damit wuchsen sie mit der Einrichtung naturwissenschaftlicher Fakultäten an Universitäten zu einem bedeutenden Anteil der bereits bestehenden, Wissen generierenden Einrichtungen. Die Universitäten waren jedoch nicht die einzigen, vom Wandel erfassten Institutionen, die zur Bildung und Verbreitung von Wissen beitrugen. Einen diesbezüglichen Einblick gewährt Karl Karmarsch in seiner 1872 veröffentlichten *Geschichte der Technologie*:

»Während bei unseren Vorfahren noch vor hundert Jahren eine Schranke zwischen den Trägern der Wissenschaft und den emsigen Praktikern bestand, über welche hin beide Theile nur selten sich die Hand reichten; während damals, eben aus diesem Grunde, die gewerbsmäßige Thätigkeit fast unvermeidlich als niedriger stehend angesehen wurde: sehen wir dagegen jetzt oft genug wissenschaftliche Männer sich industrieller Beschäftigung hingeben, umgekehrt aus dem Kreise der Industriellen entschiedene Meister der Wissenschaft oder einzelner ihrer Theile erstehen; sehen wir, wie der mit Bildung begabte Handwerker zum hochgeachteten Fabrikanten wird und die Vertreter der höheren Industrie eine einflußreiche Rolle nicht nur in der Gesellschaft, sondern vielmals in oberen Angelegenheiten des Staates ausfüllen. Solche Ergebnisse würden nimmermehr zu erreichen gewesen sein, wenn die Mittel zum Unterrichte, wenn die Lehranstalten auf dem alten Standpunkte verblieben wären. Das sind sie aber zum Heile der Menschheit nicht. Einerseits haben die sogenannten gelehrten Schulen und die Hochschulen ihren Lehrstoff durch steigende Pflege der Naturwissenschaften und der angewandten mathematischen Fächer bereichert; von der anderen Seite sind, unmittelbar für die Zwecke der technischen Ausbildung, die Handwerkerschulen, Gewerbeschulen, Realschulen und polytechnischen Schulen geschaffen worden, deren Grundgedanke völlig

³⁰⁵ Vgl. Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität* (Buchreihe zur Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik), Hamburg 1985, S. 164.

³⁰⁶ Friedrich Steinle: Art. *Naturwissenschaft* in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 9, Stuttgart 2009, Sp. 56.

außerhalb des Ideenkreises liegt, welchem man vor hundert Jahren huldigte, wenn von Schule und geistiger Bildung die Rede war.«³⁰⁷

Dieser Einblick verdeutlicht die Entstehung neuer Institutionen, die einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich waren. Gerade bezüglich der Entwicklung elektroakustischer Musikinstrumente, zu deren Realisierung ein besonderes Maß an physikalischem Wissen vonnöten ist, da sie nicht nur durch Strom angetrieben, sondern durch tiefgreifende Kontrolle des Stromflusses überhaupt erst Töne und Klänge hervorbringen, erscheint eine Institution wichtig, die zumindest grundlegendes Wissen darüber vermitteln konnte. Indem Universitäten jedoch nicht jedermann zugänglich waren, genügten sie diesem Anspruch nicht allein. Eine neue Institution, die polytechnische Akademie sollte diesen Mangel beheben.

»Niemand wird läugnen, daß Mathematik, Physik, Chemie den Handwerkern und Künstlern, den Fabrikanten wie den Manufakturisten jedem bey seinem Gewerbe unentbehrlich sind; Niemand kann aber auch leugnen, daß alle diese Wissenschaften auf Lyzäen und Universitäten nicht für den künftigen Gewerbsmann und Künstler und Fabrikanten, sondern für den künftigen Gelehrten gelehrt werden, daß diese Wissenschaften auf jenen Lehranstalten, wenn man die Wahrheit recht barsch sagen darf, eigentlich nur für diejenigen gelehrt werden, die sie nicht brauchen, für diejenigen aber, die sie nicht entbehren können, gar nicht, und bisher gar nirgend gelehrt werden; [...] Wir bedürfen einer gemeinschaftlichen Lehranstalt, einer polytechnischen Akademie, an welcher jeder kunst- oder gewerbefleißiger Inländer Theil nehmen kann. Diese Lehr-Anstalt soll für Gewerbe, Fabriken und Manufakturen eben das seyn, was Universitäten und Akademien für Wissenschaften sind oder wenigstens seyn sollten.«³⁰⁸

Diese Feststellung, bezogen auf die Stadt Augsburg, darf durchaus als exemplarisch angesehen werden. Ihr Vorbild ist in der Pariser École Polytechnique zu sehen, die am Ende des 18. Jahrhunderts gegründet wurde. »Ihr Modell einer Theoretisierung der Berufsbildung wurde europaweit wegweisend.«³⁰⁹ Neben den Universitäten und

³⁰⁷ Karl Karmarsch: *Geschichte der Technik*, München 1872, zitiert nach: Konrad von Zwehl (Hrsg.): *Aufbruch ins Industriezeitalter 3. Quellen zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts* (=Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur 5/85), München 1985, S. 102.

³⁰⁸ Johann Gottfried Dingler: *Über die Notwendigkeit der Gründung einer polytechnischen Akademie in Augsburg*, Augsburg 1821, zitiert nach: Konrad von Zwehl (Hrsg.): *Quellen zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts* (= *Aufbruch ins Industrie-Zeitalter 3*), München 1985, S. 101 f.

³⁰⁹ Jean Dhombres: Art. *École Polytechnique*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit 3*, Stuttgart 2006, Sp. 17.

den ebenfalls zahlreich gegründeten ›Naturforschenden Gesellschaften‹³¹⁰ sowie fachspezifischen Vereinen und Verbänden, eröffneten diese neuen Bildungsanstalten eine bedeutende Möglichkeit der Verbreitung durch Ausbildung sowie Rezeption durch Publikationen von neu generiertem und kanonisiertem Wissen.

Zusätzlich zu derartigen Ausbildungsstätten waren von besonderer Bedeutung Ausstellungen, auf denen unterschiedlichste Produkte einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden konnten. Als die bekannteste Form dürfte die Weltausstellung gelten, deren Bedeutung für die Rezeption impulsgebender Ideen bereits im ersten Abschnitt der vorliegenden Untersuchung aufgezeigt wurde.³¹¹ »Nirgendwo manifestierte sich der Glaube des 19. Jahrhunderts an den technischen Fortschritt stärker als in den Weltausstellungen der zweiten Jahrhunderthälfte. Im Wettstreit der Nationen präsentierten sie die neuesten Entwicklungen der Technik, Wirtschaft und in der Kunst. Die Reihe der Weltausstellungen wurde 1851 in London begonnen.«³¹² Neben dieser größten Form der Ausstellung wurden im Laufe der Jahre zunehmend spezialisierte Ausstellungsformen entwickelt. Im Hinblick auf die entstehende Struktur der Technologieverbreitung bezüglich der Elektrizitätslehre ist von besonderer Bedeutung zunächst die internationale Elektrizitätsausstellung, die erstmals 1881 in Paris abgehalten wurde. »Die Ausstellung wurde ein Erfolg, und 1882 veranstaltete man in München die zweite internationale Elektrizitätsausstellung. [...] War auf der Elektrizitätsausstellung in Paris 1881 die Edisonsche Glühlampe das große Ereignis, so erregte in München die elektrische Kraftübertragung [...] Aufsehen.«³¹³ Aus der sich an Bildungsinstitutionen weiter ausdifferenzierenden Elektrizitätslehre sollte sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts wiederum das Gebiet der Funktechnik mit der Entwicklung des Rundfunks etablieren. Ab 1924 wurden auch für dieses Spezialgebiet unter leicht divergierenden Benennungen die Funk-Ausstellungen abgehalten.³¹⁴ Sie sollten schließlich zur Präsentationsbühne nicht nur des Trautoniums, sondern der zahlrei-

³¹⁰ Vgl. Friedrich Steinle: Art. *Naturwissenschaft* in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 9, Stuttgart 2009, Sp. 57.

³¹¹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.3.1) *Musikschaffen*, S. 32–41 in dieser Untersuchung.

³¹² Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 164.

³¹³ Ebenda, S. 165 ff.

³¹⁴ Vgl. Eva Susanne Breßler: *Von der Experimentierbühne zum Propagandainstrument. Die Geschichte der Funkausstellung von 1924 bis 1939* (= Medien in Geschichte und Gegenwart 25), Köln 2009, S. 37 f.

chen anderen elektroakustischen Musikinstrumente werden und stellten die wichtigste Fachausstellungen für funktechnische Produkte vor dem Zweiten Weltkrieg dar.³¹⁵ Wie bereits bezüglich der Universitäten und besonders der Naturforschenden Gesellschaften erwähnt, nahm auch die Bedeutung verschiedener Publikationsformen zu. Dazu gehören neben den universitären und gesellschafts- bzw. vereinseigenen Schriften besonders die jeweiligen unabhängigen Fachzeitschriften. An ihren Bezeichnungen kann die zunehmende Diversifizierung der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert exemplarisch abgelesen werden. Die ab 1799 veröffentlichten »Annalen der Physik« erhielten beispielsweise ab 1824 den Zusatz »und Chemie«.³¹⁶ »Mit der fortschreitenden Industrialisierung entstanden Zeitschriften für einzelne Gewerbe oder Techniken.«³¹⁷ Neben aufblühenden Zeitschriftenpublikationen blieb für manchen institutionell ungebundenen Forscher, besonders noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts, die Publikation in Buchform die einzig mögliche Form der Verbreitung seiner Arbeiten. Hierfür können die akustischen Untersuchungen Chladni exemplarisch stehen, die bereits kurz nach ihrem Erscheinen durchaus Auswirkungen auf den Klavierbau entwickelten.³¹⁸

Die sich neu eröffnenden Darbietungsformen technologischer Errungenschaften, verbunden mit steigender Qualität und Zugänglichkeit von spezifischem, theoretischem Wissen boten im Verlauf des 19. Jahrhunderts eine zunehmende Inspirationsquelle für eine breite Öffentlichkeit. Sie bereiteten eine Basis kreativer Betätigung sowohl zu gezielter Nach- und Weiterforschung als auch zur raschen Entwicklung neuer technologischer Vorrichtungen, nicht nur durch Wissenschaftler und Experten, sondern ebenso durch Privatpersonen. Vor diesem Hintergrund wird die Tatsache nachvollziehbar, dass eine Vielzahl der zum Ende des 19. Jahrhunderts erfolgten Konstruktionen elektroakustischer Musikinstrumente nicht mehr von Instrumentenbaumeistern oder –werkstätten angefertigt wurden, sondern von Personen mit unterschiedlichen Ausbildungshintergründen und Berufsfeldern. Die Transferleistung wird durch diese Tatsache umso deutlicher, da sie nicht allein fachfremdes Wissen, bzw. fachfremde Technologie auf ihre eigentliche Profession bezogen, sondern sich auch die Fertigkeit-

³¹⁵ Vgl. ebenda, S. 63 ff.

³¹⁶ Vgl. Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 171.

³¹⁷ Ebenda.

³¹⁸ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung.

ten zu komplexen elektrotechnischen Konstruktionen zu Eigen machten. Zugleich wird die konkrete Transferleistung für die Forschung umso schwieriger greif- oder gar systematisierbar, da die meisten Konstruktionsarbeiten auf private Initiative zurückgehen und kaum dokumentiert wurden. Selbst nach der Fertigstellung eines Instrumentes und einer ersten Rezeption durch die Öffentlichkeit, die häufig in Form einer Demonstration vor geladenem Publikum und Journalisten stattfand, war ihnen eine längere oder gar erfolgreiche Zukunft zumeist verwehrt. Allein die Liste elektronischer Instrumente, die Curtis Roads angefertigt hat, lässt diese Tatsache durch die zahlreichen, kaum bekannten Konstrukteure und Konstruktionen bereits erahnen.³¹⁹

2) Anwendungsbereiche neuer Technologien am Beispiel mechanischer Musikinstrumente

Der Wandel von Musikinstrumenten durch Innovationen im 19. Jahrhundert, deren Wurzeln in der Wissenschaft- und Technikentwicklung zu finden sind, kann in besonderem Maße an mechanischen Musikinstrumenten abgelesen werden. Diese Instrumente stellen insofern einen für die vorliegende Untersuchung interessanten Spezialfall dar, als sie einen gesteigerten Aufwand an Konstruktionen hinsichtlich der Realisierung außergewöhnlicher Konzepte und Anwendungen technischer Vorrichtungen erfordern. »Nicht der Flötenautomat flötet, sondern der Mechaniker der den Wind bemaß und die Finger in Bewegung setzte.«³²⁰ Jean Jacques Rousseau spricht wesentliche Momente der Konstruktion mechanischer Vorrichtungen an. Neben den klanglichen Möglichkeiten, die ein Musikinstrument dem Interpreten eröffnet, steht hintergründig stets der Instrumentenbauer Pate für die auf seinem Instrument hervorbrachte Musik, indem er mit seiner Konstruktion zugleich die Rahmenbedingungen schafft, innerhalb derer das Erklingen von Musik möglich wird. Das Musikinstrument stellt damit die, in planvoll geformter Materialität geronnenen, individuellen Fähigkei-

³¹⁹ Vgl. hierzu die Liste elektroakustischer Musikinstrumentenkonstruktionen bei Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 21–23.

³²⁰ Jean Jacques Rousseau: *Essai sur l'origine des langues* (1753) (= Œuvres complètes, Tome X, Chap. XVI), Frankfurt a.M. 1856, zitiert nach Hermann Pfrogner: *Musik. Geschichte ihrer Deutung*, Freiburg/München 1954, S. 212.

ten und Vorstellungen des Instrumentenbauers bzw. Konstrukteurs dar. In der planvollen Formung werden bereits vor der eigentlichen Konstruktion – wenngleich nicht zwangsläufig auch neue – Konzepte zur Umsetzung der jeweiligen Ansprüche formuliert. Somit wird die spätere Gestalt, sowohl ihre materielle Form, beispielsweise das Gehäuse oder der Korpus etc., als auch ihre immaterielle Form, beispielsweise der Tonumfang oder die Klangfarbe, festgelegt. Erst nach der Fertigstellung des Instruments kommt im Zuge des Erklings von Musikinstrumenten der Mensch als Interpret, nicht allein einer Komposition, sondern eben auch des Werkes bzw. der Konstruktion des Instrumentenbauers hinzu.

Bei mechanischen Musikinstrumenten entfällt diese Ebene allerdings. »Mechanische Musikinstrumente sind Instrumente, bei deren Spiel der Mensch durch eine automatische Vorrichtung, wie rotierende Stiftwalzen, durchlöchernte Scheiben u. dgl. ersetzt ist, Vorrichtungen, die ihrerseits nur einer Drehkurbel oder eines Uhrwerks zum Betrieb bedürfen.«³²¹ Die Ebene der menschlichen Einflussnahme auf das Instrument wird vielmehr, wie es auch Rousseau verdeutlicht, durch den Instrumentenbaumeister bzw. Konstrukteur mit konzipiert. Somit muss eine Reihe von Funktionen durch technische Vorrichtungen geleistet werden, die den Interpreten gleichsam substituieren. Der Qualitätsgrad der Substitution kann dabei sehr unterschiedlich ausgeprägt sein. Diese Instrumente geben heutigen Betrachtern einen vielfältigen Eindruck nicht nur von der damit hervorgebrachten Musik, sondern auch von den handwerklichen und feinmechanischen Fertigkeiten des Konstrukteurs sowie auch über den Stand der Technik zur Zeit ihrer Entstehung. Allerdings muss bei einer solchen Betrachtung stets mit bedacht werden, welche Konzeption hinter dem Instrument stand, inwiefern sie beispielsweise von einem Auftraggeber beeinflusst war, der seine Wünsche präzise äußerte, oder inwiefern damit ein Konstrukteur sein Vermögen zur Hervorbringung herausragender Gerätschaften unter Beweis stellen wollte. Allein schon diese beiden Tatsachen sind aber, ebenso wie weitere Möglichkeiten, aus heutiger Perspektive nicht mehr für jede Konstruktion nachvollziehbar. Äußere Erscheinung oder mechanischer Aufwand differieren somit bisweilen sehr voneinander, ohne dass jedoch die Mecha-

³²¹ Curt Sachs: *Real-Lexicon der Musikinstrumente. Zugleich Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet*, S. 256.

nik an funktionaler Bedeutung verlieren würde, da das Grundprinzip ihrer Aufgabe durchaus erhalten blieb.

»Diese ›Mechanik‹, die auf geradezu wunderbare Weise ein Instrument erklingen läßt, steht daher oft selbst im Mittelpunkt des Interesses, und das nicht nur seitens der heutigen Forscher und Sammler, sondern seitens der einstmaligen Käufer und Besteller derartiger Instrumente, die weit weniger an der klingenden Musik, als an der technischen Bewältigung des Spielvorganges ihre Freude hatten.«³²²

In der Tat verkörperten mechanische Musikinstrumente nicht nur musikalischen Komfort, sondern vor allem die Anwendung feinmechanischer Konstruktionsfertigkeiten. Das Beispiel der Flötenuhren verkörpert die Kombination neuer technologischer Möglichkeiten der Uhrwerkkonstruktion mit bereits vorhandenem Wissen um Musikinstrumentenbau, in diesem Fall der Anfertigung kleiner Pfeifenwerke. Die Verbindung äußerlicher, kunstvoller Gestaltung mit im Inneren des Instruments verborgenen mechanischen Vorrichtungen, die der Konstruktion scheinbare Lebendigkeit verlieh, erreichte bereits im 18. Jahrhundert einen Höhepunkt in den humanoiden Spielautomaten Jaques Vaucasons. In ihnen sollte sich der Aspekt der technologischen Fertigkeit zur Imitation des Menschen verkörpern.³²³

Bei den unterschiedlichen Konstruktionen mechanischer Musikinstrumente wird der Mensch als Interpreten durch vermehrten technischen Konstruktionsaufwand in gewisser Weise ersetzt. Diese Aussage soll nicht insofern missdeutet werden, als dass es den Konstrukteuren stets genau auf diesen Aspekt ankam. Hinsichtlich der humanoiden Konstruktionen des ausgehenden 18. Jahrhunderts mag dies zwar zutreffen, für die astronomischen Uhren des ausgehenden Mittelalters wäre dieser Aspekt jedoch stark anzweifelbar. In jedem Falle muss die Konstruktion eines mechanischen Musikinstrumentes allerdings zumindest einige Aspekte leisten, die bei herkömmlichen Musikinstrumenten vom Interpreten erfüllt werden.

»Das Spiel auf einem Musikinstrument verlangt immer eine gewisse Kunstfertigkeit und musikalische Begabung die nicht jedem Menschen gegeben ist. Deshalb gab es schon seit ältesten Zeiten Bemühungen um eine Mechanisierung der Spieltechnik und um die Konstruktion von Musikin-

³²² Helmut Kowar: *Mechanische Musik. Eine Bibliographie und eine Einführung in systematische und kulturhistorische Aspekte mechanischer Musikinstrumente*, Wien 1996, S. 52.

³²³ Vgl. hierzu den Abschnitt I.4.1) *Mechanische Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 57–65 in dieser Untersuchung.

strumenten, zu deren Beherrschung keinerlei Kunstfertigkeit oder vorherige musikalische Ausbildung notwendig ist.«³²⁴

Es muss allerdings betont werden, dass diejenigen Gesellschaftsschichten, für die der Erwerb solcher komplexer Konstruktionen überhaupt möglich gewesen war, überwiegend wohlhabende Bürger- oder Adelskreise waren, deren Erziehungskanon auch die musikalische Ausbildung enthielt. Der Aspekt der Substitution von Leistungen des Interpreten aufgrund eines scheinbaren Unvermögens des Auftraggebers, selbst als solcher zu fungieren, sollte nicht voreilig als Begründung angenommen werden, dass Instrumentenkonstruktionen mechanisiert wurden. Der sicherlich komfortablen Möglichkeit, Musik abspielen lassen zu können, standen stets auch Aspekte der kunsthandwerklichen Fertigung in höchster Qualität, aber auch der Faszination für handwerklich-mechanisches Wissen, bzw. Fertigkeit zur Seite.

Für die vorliegende Untersuchung stellen sich besonders zwei Aspekte als bedeutsam heraus, die Konservierung und die Wiedergabe von Musik.³²⁵ Sie konnten bereits bezüglich der aufkommenden Medienwelt und den von ihnen geleisteten Aufgaben in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts als bedeutsame Kriterien ausgemacht werden.³²⁶ Bezüglich mechanischer Musikinstrumente fällt der Aspekt der ›Aufzeichnung‹ zumindest teilweise zusammen mit dem der ›Konservierung‹, der im Folgenden bezüglich mechanischer Musikinstrumente mit ›Speicherung‹ bezeichnet werden wird. Aufzeichnung bedeutete bezüglich der Medien die Umwandlung akustischer Ereignisse in eine speicherbare Form, mit dem Ziel der Rückwandlung in ein, den aufgezeichneten Ereignissen möglichst ähnliches Ergebnis. Allerdings kann eine mechanische Musikinstrumentenkonstruktion kein beliebiges akustisches Ereignis wiedergeben. Die wiederzugebenden Ereignisse sind Musik und Klänge, die direkt von der Konzeption des Instruments abhängig sind. Ein selbstspielendes Klavier kann keine Geigenklänge hervorbringen, wenn eine Geige nicht, wie es beispielsweise bei der Phonoliszt-Violina, in die Konstruktion integriert ist.

³²⁴ Alexander Buchner: *Mechanische Musikinstrumente*, Prag/Hanau 1992, S. 14.

³²⁵ Vgl. hierzu auch Peter Donhauser: *Konserventöne, Elektroklänge und Ingenieurmusik*, S. 17–21. Darüber hinaus vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1710–1742. Hocker unterteilt den Aufbau mechanischer Musikinstrumente in die Kategorien Klingender Teil, Toninformationsträger und Antrieb.

³²⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt I.4. *Musiktechnologische Neuerungen*, S. 53–79 in der vorliegenden Untersuchung.



Abb. II-1: Ein Walzenklavier der Firma Luis Casali, Barcelona 1895. Zur Erweiterung der klanglichen Möglichkeiten wurden Rührtrommel, Becken, Glocken und Kastagnetten in das Klavier mit eingebaut. Der Antrieb erfolgt über eine Handkurbel. Mit freundlicher Genehmigung des Musikinstrumenten-Museums Berlin. SIM PK, Kat.-Nr. 5496.

Der Aspekt der Aufzeichnung wird bei der Konstruktion überwiegend in einen Fertigungsabschnitt mit einbezogen, der mit dem Aspekt der Speicherung zusammenfällt. Am Beispiel der Stiftwalze kann diese Nähe von ›aufgezeichneter‹ Musik und Anfertigung des Speichers im Sinne eines Informationsträgers besonders verdeutlicht werden. »In den meist hölzernen Walzenkörper wurden Stifte für kurze Töne und Brücken für lange Töne eingeschlagen, die ihrerseits bei Drehung der Walze über Claves Ventile von Orgelpfeifen öffneten oder schlossen oder die Hämmer von Schlag- und Saiteninstrumenten betätigten.«³²⁷ Die Unterteilung der Stiftwalze in Walzenkörper als Speicherpotenzial sowie der Stifte und Brücken als gespeicherte und klangauslösende Information, trennt nur scheinbar die beiden Aspekte. Indem häufig die gesamte Stiftwalze als vollständiges Bauelement gefertigt wurde, vereint es tatsächlich die Aspekte der Aufzeichnung und der Speicherung. Zwar gibt es auch Konstruktionen von großen Walzen, an denen Stifte und Brücken in relativ einfacher Weise verändert werden konnten, wie beispielsweise den Flötenspieler der Brüder Mûsà um 820.³²⁸ Allerdings blieben solche Fälle Ausnahmekonstruktionen. Häufiger waren dagegen auswechselbare Walzen, wobei der Prozess des Wechsels zumeist sehr aufwendig

³²⁷ Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1711.

³²⁸ Vgl. Siegfried Zielinski: *Affekte und Effekte. Eine minimale Enzyklopädie um einfache Apparate und Automaten*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 70 f.

war.³²⁹ In den überwiegenden Fällen speicherte der Informationsträger die Musik vermittelt baulich zu bewerkstellenden Änderungen, Schritte zur Erstellung des Speichermediums und der darauf gespeicherten Musik fielen somit einem Konstruktionsprozess zu, der vom Instrumentenbaumeister ausgeführt wurde. Indem er die tatsächliche Komposition in die spezifische Funktionsweise seines Instruments übersetzte, übernahm er einen Aspekt der Rolle des Interpreten in der Hinsicht, dass er Informationseingaben in das Instrument kontrollierte.

Ein Wandel dieser Verhältnisse erfolgte erst um die Wende zum 20. Jahrhundert in Verbindung mit der gelochten Notenrolle für Reproduktionssysteme, was unter anderem eine authentische Wiedergabe zuvor aufgenommenen Spieles ermöglichte. Zu den Systemen zählten beispielsweise die Phonola der Firma Hupfeld, oder das Welte-Mignon der Firma Welte & Söhne.³³⁰ Verzeichnisse der aufgenommenen Künstler beider Firmen belegen das große Interesse an den mechanischen Instrumenten.

Zunächst wurden noch Aufzeichnungen von Interpretationen bedeutender Pianisten und Komponisten durchgeführt. Ein weiterer Schritt, der sich wiederum in den 1920er Jahren vollzog, war die Arbeit mit, respektive die direkte Zeichnung auf die Notenrolle für das Welte-System. »Einer der ersten, der sich bei der Firma Welte in die Geheimnisse des *Mignon*-Systems einweihen ließ, war Paul Hindemith.«³³¹ Die allgemeine Begeisterung, die diese neue Möglichkeit des Welte-Reproduktionssystems hervorrief, ist besonders anhand der Äußerungen verschiedener Größen des Musiklebens im *Sonderheft der Musikblätter des Anbruch* nachvollziehbar.³³² Darüber hinaus ist die Begeisterung für diese Wiedergabemöglichkeiten durch die Arbeiten weiterer Komponisten wie Ernst Toch oder George Antheil, für das Welte-Mignon-System anlässlich der Donaueschinger Kammermusikfeste zwischen 1926 und 1929 ablesbar. Die Vorstellung neuer musikalischer Möglichkeiten bildet nicht zufällig die Brücke zu den elektroakustischen Musikinstrumenten im Allgemeinen und dem Trautonium

³²⁹ Vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1711.

³³⁰ Im Folgenden soll der Name Welte-Mignon stets als Sammelbegriff für die verschiedenartigen Reproduktionsapparate aufgefasst sein, die bezüglich der Konstruktionsdetails übereinstimmen. Vgl. hierzu Peter Hagmann: *Das Welte-Mignon-Klavier, die Welte-Philharmonie-Orgel und die Anfänge der Reproduktion von Musik* (= Europäische Hochschulschriften: Reihe 36, Musikwissenschaft 10), Frankfurt a.M. u.a. 1984, S. 109 f.

³³¹ Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 227.

³³² Vgl. *Musik und Maschine*, *Sonderheft der Musikblätter des Anbruch*, 8-9/IX (1926). Vgl. darüber hinaus die Auswahl bei Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 227 f.

im Besonderen. Von 1927 bis 1929 fanden die Kammermusikfeste vorübergehend in Baden-Baden statt.³³³ Hindemith, der nicht nur ein künstlerischer Hauptakteur der Kammermusikfeste war, erwirkte nach seiner Berufung als Professor an die Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg im folgenden Jahr deren Verlegung nach Berlin unter den Namen ›Neue Musik Berlin‹.³³⁴ Anlässlich dieser Veranstaltung wurde im Abendprogramm des 20. Juni 1930 unter dem Titel ›Elektrische Musik‹ das Trautonium offiziell der Öffentlichkeit vorgestellt.³³⁵

Das Zusammenfließen der Aspekte der Speicherung und der Aufzeichnung, durch den Hersteller selbst, bzw. an der Produktionsstätte durch den Interpreten, substituiert bei einem mechanischen Musikinstrument gleichsam das Gedächtnis und den Bewegungsapparat des Interpreten bzw. die Noten, die von ihm in klingende Musik umgesetzt werden. Damit ist der Speicher vergleichbar mit dem Repertoire oder dem Gedächtnis, aber auch der Kontrolle des Bewegungsapparates eines Interpreten. Den Aspekt der Speicherung mit dem Begriff des ›Gehirns‹ gleich zu setzen, wäre zu pauschal, da die Bedeutung des Begriffes in seiner Gesamtheit alle funktionalen Aspekte des menschlichen Körpers sowie auch des Bewusstseins umfasst und damit zu undifferenziert definiert wäre.³³⁶ Für die Konstruktion mechanischer Musikinstrumente muss der Speicher und die Speicherung jeweils spezifisch erstellt werden und setzt wiederum eine bereits komponierte Musik voraus.³³⁷

Der Aspekt der Wiedergabe umfasst bezüglich eines mechanischen Musikinstrumentes einerseits von herkömmlichen Instrumentenkonstruktionen bereits bekannte Prinzipien der Kraftübertragung, von der Funktion einer Mechanik bis hin zu deren Auswirkungen auf klangerzeugende Elemente. Somit wird das Potenzial eines Interpreten, durch Beherrschung von Bewegungsabläufen ein Instrument zu einem tatsächlich klingenden Musikinstrument zu machen, einer technisch erweiterten Kon-

³³³ Vgl. Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 228 f.

³³⁴ Manfred Schuler: Art. *Donauessingen*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 1344.

³³⁵ Vgl. Georg Schünemann (Hrsg.): *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 93. Darüber hinaus vgl. hierzu den Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 in dieser Untersuchung.

³³⁶ So erscheint Alexander Buchners Gleichsetzung der Stiftwalze mit dem Gehirn als zu pauschal und undifferenziert für die vorliegende Untersuchung. Vgl. ders.: *Mechanische Musikinstrumente*, S. 15.

³³⁷ Vgl. Reinhold Hammerstein: *Macht und Klang. Tönende Automaten als Realität und Fiktion in der alten und mittelalterlichen Welt*, Bern 1986, S. 8.

struktion übertragen. Andererseits umfasst der Aspekt der Wiedergabe aber auch neuartige, für die Konstruktion von Musikinstrumenten, abstraktere Prinzipien, wie das der Kraftbereitstellung bzw. -speicherung, wodurch überhaupt erst die Zeitspanne eröffnet wird, innerhalb derer die Konstruktion Musik erklingen lassen kann. Beide Bereiche der Wiedergabe, sowohl die Kraftübertragung innerhalb der Mechaniken, als auch die Kraftbereitstellung bzw. -speicherung substituieren zumindest teilweise den Bewegungsapparat und das prinzipielle Bewegungspotenzial des Interpreten. Bezüglich der Beschaffenheit der Kraftübertragung ist bei mechanischen Musikinstrumenten festzustellen, dass überwiegend bereits existierende Klangerzeugungsprinzipien Anwendung fanden.³³⁸ Somit waren auch die nötigen mechanischen Vorrichtungen bzw. Abläufe der Kraftübertragung bekannt.

Die eigentliche Krafteinwirkung, die neben der Eröffnung einer Zeitspanne die Dauer des komponierten Werkes und auch die auslösende Kraft für die jeweilige Mechanik der Konstruktion vermittelt und so die Wiedergabe bedingt, wird durch einen Energiespeicher geleistet. Erst dieser ermöglicht einem Antriebsmechanismus, den einzelnen Bauelementen eines ruhenden mechanischen Instrumentes das Moment der Bewegung zu verleihen und Musik abzuspielen. Der Speicher der wiederzugebenden Musik und der Energiespeicher der zu betätigenden Mechanik sind wesentliche Elemente, die im Vergleich zu einem herkömmlichen Instrument einen Teil der Aufgaben des Interpreten zu leisten haben.

3) Technologietransfer an ausgewählten Beispielen mechanischer Musikinstrumente

Die oben aufgeführten Substitute mussten bei der Anfertigung mechanischer Musikinstrumente mit einem erhöhten baulichen Aufwand einhergehen und waren geprägt von technischen Vorrichtungen, die auf die Konstruktion von Instrumenten übertragen wurde. Ihre Anwendung erfolgte zumeist, nachdem sie ihre jeweiligen Funktionen bereits in anderen, überwiegend wirtschaftlichen Gebieten bewiesen hatten. »Im Lauf der Geschichte wurden alle technischen Neuerungen auch in den Dienst der me-

³³⁸ Vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1710 f.

chanischen Musikinstrumente gestellt und die Möglichkeit der Mechanik, Pneumatik, Elektrik, Elektronik und selbst die Errungenschaften des Computerzeitalters umgehend zur Steuerung der mechanischen Musikinstrumente herangezogen.«³³⁹ So werden die Substitution des Gedächtnis durch einen Speichermechanismus, die Übertragung der abzuspielenden Musik von einem Speicher auf den klangerzeugenden und zumeist von herkömmlichen Instrumenten entlehnten Mechanismus sowie der Energiespeicher im Fokus der nachfolgenden Betrachtung stehen. An ihrem Beispiel soll, mit der Konzentration auf das 19. Jahrhundert, die Vielfältigkeit der Transferleistung verdeutlicht werden, durch die bereits Jahrzehnte vor Aufkommen der Musikmedien – mit Ausnahme des Notendruckes – das Erklängen von Musik vom Prozess des eigentlichen Musizierens gelöst und somit den Menschen auf eine neuartige Weise zugänglich gemacht werden konnte.³⁴⁰

Bereits über mehrere Jahrhunderte hinweg ist die Stiftwalze ein verbreitetes Medium zur Speicherung und Auslösung der Wiedergabevorrichtung mechanischer Musikinstrumente, wie es noch durch bis in die Gegenwart produzierte, kleine Spieldosen oder Spieluhren mit gezupften Metallzungen belegt wird.³⁴¹ Ein bekanntes Beispiel einer frühen Dokumentation von Stiftwalzen ist die Abbildung einer selbstspielenden Orgel in Athanasius Kirchers *Musurgia Universalis*. Dabei muss bemerkt werden, dass die »...Schriften des 17. Jahrhunderts [...] mechanische Musikinstrumente vorwiegend vom theoretischen Standpunkt [aus betrachtet haben].«³⁴²

Dass die Vorrichtung einer Stiftwalze Anwendung fand, wird durch zahlreiche weitere und bedeutende Meisterwerke mechanischer Musikinstrumente belegt, ohne aus heutiger Perspektive allerdings nachvollziehen zu können, wann genau diese Form des Technologietransfers erstmals geleistet wurde. Eines der frühesten Beispiele für die Verwendung von Stiftwalzen zur Speicherung und Auslösung ist der bereits erwähnte Flötenspieler der Brüder Mûsà, der etwa auf das Jahr 820 zu datieren ist. Der im zweiten Weltkrieg teilweise zerstörte Pommersche Kunstschränk – ein außerge-

³³⁹ Helmut Kowar: *Mechanische Musik. Eine Bibliographie und eine Einführung in systematische und kulturhistorische Aspekte mechanischer Musikinstrumente*, S. 52.

³⁴⁰ Vgl. hierzu den Abschnitt I.5. *Zusammenfassung*, S. 80–84 in dieser Untersuchung.

³⁴¹ Vgl. Dieter Krickeberg: *Automatische Musikinstrumente*, S. 17. Darüber hinaus über die frühesten bekannten Anwendungen von Stiftwalzen in mechanischen Musikinstrumenten vgl. Siegfried Zielinski: *Affekte und Effekte. Eine minimale Enzyklopädie um einfache Apparate und Automaten*, S. 70.

³⁴² Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1715.

wöhnliches Werk aus den Händen zahlreicher Augsburger Kunsthandwerker – beinhaltete ebenfalls ein walzengesteuertes Orgelwerk, das 1612 von Achilles Langenbacher angefertigt wurde.³⁴³ Über die Anwendung in Flötenuhren ab dem 18. Jahrhundert, »...deren Musikstücke ebenfalls durch Stiftwalzen gesteuert...«³⁴⁴ wurden, fand sie Einzug in die Klangspeicherung und Aktivierung mechanischer Prozesse zur Steuerung in den großen Orchestrien. Bereits das Beispiel der Stiftwalze verdeutlicht exemplarisch die Problematik einer Systematisierung des Technologietransfers in eine »vertikale« und »horizontale« Dimension nach Hausberger, da weder Person noch Ort einer erstmaligen Übertragungsleistung der steuernden Funktion derartiger Walzen auf ein Musikinstrument belegbar sind.³⁴⁵

Nachdem neuartige Speichermedien bereits erfolgreich in unterschiedlichen Konstruktionen angewendet wurden, konnte die Stiftwalze als Speicher und auslösendes Steuermedium sich dennoch behaupten. So stellte beispielsweise noch C. Frati auf der Colonial-Ausstellung in Amsterdam 1883 ein selbstspielendes Klavier mit pneumatischer Tastenaktivierung und walzengesteuerter Mechanik vor.³⁴⁶ Wie bereits erwähnt, brachte eine Walze als Speichermedium allerdings einige Nachteile mit sich.³⁴⁷

»Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts diente nahezu ausschließlich die Stiftwalze zur Steuerung mechanischer Musikinstrumente. [...] Wollte man neue Musikstücke hören, so mußte man die vorhandene Walze gegen eine neue austauschen – bei größeren Instrumenten ein schwieriges Unterfangen. Es war deshalb ein entscheidender Fortschritt, als die Freiburger Firma Welte [...] um 1890 die Notenbandsteuerung in Deutschland einführte.«³⁴⁸

Die Möglichkeit, das Speichermedium auszutauschen, um einen unterschiedlichen Reproduktionsvorgang zu erhalten, war aus der Tuchmanufaktur in Verbindung mit Lochkarten bereits seit dem 18. Jahrhundert bekannt. Dabei wurden Lochkarten zur Steuerung von Webstühlen eingesetzt. »Basil Bouchon (Seidenmanufaktur Lyon) erfand schon 1725 eine halbautomatische Steuerung: ein gelochtes Papierband mit Ab-

³⁴³ Vgl. ebenda, Sp. 1714.

³⁴⁴ Jürgen Hocker: *Mechanische Musikinstrumente*, S. 342.

³⁴⁵ Vgl. hierzu Abschnitt II.3.1) *Technologietransfer als innovatives Prinzip*, S. 118–122 in dieser Untersuchung.

³⁴⁶ Vgl. Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 41.

³⁴⁷ Vgl. hierzu den Abschnitt II.3.2) *Anwendungsbereiche neuer Technologien am Beispiel mechanischer Musikinstrumente*, S. 128–135 in dieser Untersuchung.

³⁴⁸ Jürgen Hocker: *Mechanische Musikinstrumente*, S. 344.

tastung durch Nadeln.«³⁴⁹ Zur Produktion von Stoffmustern mit verschiedenfarbigen Fäden mussten »...im Webstuhl die Kettfäden in komplizierter Weise gehoben und abgesenkt werden [...].«³⁵⁰ In den Tuchmanufakturen konnten Webstühle mit Hilfe solcher Papierbänder »gesteuert« werden, die im Laufe der Jahrzehnte unterschiedliche Formate annahmen, wobei die Lochkarte sich schließlich durchsetzte. Zunächst konstruierte Jacques Vaucanson eine Stiftwalzensteuerung für Webstühle, die sogenannte Trommelmaschine, deren begrenzte Möglichkeiten und bloße Größe von mehr als einen Meter Durchmesser allerdings nicht allzu praktikabel war.³⁵¹ Der Durchbruch gelang erst mit der relativ leicht auswechselbaren bzw. aufgrund ihrer größeren »Speicherkapazität« auch für komplexere Muster adäquaten Lochkartensteuerung. Indem Joseph-Marie Jacquard 1805 schließlich kleine, stabile Lochkarten konstruierte, die aneinander gehängt werden konnten, hatte er frei kombinierbare Programmodule geschaffen. Sie konnten zu einem großen Algorithmus zusammengeschlossen werden, womit komplexe Mustergestaltungen möglich wurden.³⁵²

»Durch seine Anstellung am Pariser Conservatoire des Arts et Métiers konnte er sich mit der dort aufbewahrten Trommelmaschine Vaucansons vertraut machen und seine Konstruktion bis 1808 zur Betriebsreife bringen. [...] Gegenüber allen ihren Vorgängern beanspruchte die Jacquardmaschine deutlich weniger Platz, erlaubte bis dahin unbekannte Zeuglängen und Arbeitsbreiten und, da man einfach nur die Lochkarten austauschen musste, überdies noch einen vergleichsweise kurzfristigen Wechsel der Muster.«³⁵³

Die Qualität dieser Vorrichtung bescherte ihr eine rasche Verbreitung und eine lang anhaltende Anwendung in der Musterweberei. Noch heute ist die Textilmanufaktur von Luigi Bevilacqua in Venedig sowohl für ihr Depot von historischen Lochkarten, die die Muster zahlreicher gefertigter und in den Adelshäusern Europas verbreiteter Stoffe dokumentieren, als auch für die immer noch traditionell ausgeführte Produkti-

³⁴⁹ Peter Donhauser: *Konserventöne, Elektroklänge und Ingenieurmusik*, S. 18.

³⁵⁰ Ebenda.

³⁵¹ Vgl. Michael Mende: Art. *Musterweberei*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 8, Stuttgart 2008, Sp. 983.

³⁵² Vgl. Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 43.

³⁵³ Michael Mende: Art. *Musterweberei*, Sp. 983 f.

on von Tuchwaren mit Jacquard-Webstühlen, bekannt. »The company's famous historical archives hold more than 3,500 pattern-designs, all Bevilacqua [sic] originals.«³⁵⁴ Das Prinzip der Lochkartensteuerung war für mechanische Musikinstrumente, besonders für die Gruppe der selbstspielenden Klaviere sehr vielversprechend. Einerseits waren Lochkarten vergleichsweise einfach herzustellen, andererseits war das Prinzip der Mechanismen zur Anwendung von Lochkarten so wie es von den Webstühlen her bekannt war, eben auf die Auswechslung der Karten und somit auch des jeweiligen »Programmes«, ausgelegt. Den mechanischen Musikinstrumenten wurde damit die Dimension des Repertoires in einem neuen Potenzial der Verfügbarkeit eröffnet. Im Gegensatz zu Walzen, deren Austausch sich überwiegend schwierig gestaltete, konnte man nun auf sehr einfache Weise ein neues Musikstück abspielen lassen. Darüber hinaus ermöglichten Lochkarten und deren weiterentwickelten Formen, wie beispielsweise das Lochband der Firma Welte, eine größere Spieldauer. Es muss jedoch angefügt werden, dass auch Stiftwalzen durch spiralförmige Anordnungen der Stifte und Brücken, wofür beispielsweise Jacques Vaucanson im Jahre 1738 ein Patent erhielt, eine mehrere Umdrehungen andauernde Wiedergabezeit ermöglichten.³⁵⁵ Zunächst durchlief die Lochkartensteuerung allerdings eine Phase von Versuchen, bis eine erfolgreiche Umsetzung gelang. »1842 beschrieb der Franzose Claude Felix Sytre aus Lyon erstmals selbstspielende Orgeln und Klaviere mit Lochbandsteuerung und pneumatischer Abtastung.«³⁵⁶ Die Löcher gaben bei Sytres Vorrichtungen den Weg für einen Luftstrom frei, der beispielsweise auf Zungenpfeifen wirken konnte.³⁵⁷ Fünf Jahre später beschreibt der Engländer Alexander Bain ebenfalls ein lochbandgesteuertes Instrument, das mithilfe pneumatischer Abtastung Stücke abspielen konnte. Im zweiten Teil seines Patents »...beschreibt er hingegen eine bemerkenswerte Idee: Tastenkontakte unter einer Klaviatur sollten einen Stromkreis mit einem Elektromagneten schließen, der in einem entfernt aufgestellten Instrument über Elektromagneten die entsprechende Taste niederdrücken sollte [...].«³⁵⁸ Diese elektrische Vorrichtung nimmt zwar bereits spätere, besonders in großen Orgeln angewandte, elektrifizierte

³⁵⁴ Internetseite der Firma Luigi Bevilacqua: <http://www.luigi-bevilacqua.com/eng/tessuti-pregiati.php>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

³⁵⁵ Vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1711.

³⁵⁶ Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 44.

³⁵⁷ Vgl. Peter Donhauser: *Konserventöne, Elektroklänge und Ingenieurmusik*, S. 19.

³⁵⁸ Ebenda.

Trakturen zur Betätigung weit entfernter Pfeifenwerke vorweg. Sie scheint jedoch keine direkte Resonanz, beispielsweise bei Orgelbaumeistern, ausgelöst zu haben.³⁵⁹

Im Laufe der Jahre erfuhr die Lochbandsteuerung besonders bezüglich selbstspielender Klaviere bzw. Selbstspielmechanismen, wie beispielsweise der 1863 entwickelten Pianista, noch bis weit ins 20. Jahrhundert hinein, eine breite Anwendung und hinsichtlich ihrer funktionalen Dimension eine vielfältige Erweiterung durch zahlreiche Innovationen. Die Aktivierung der einzelnen Klaviertasten, bzw. der Hebel, die wiederum auf die Klaviertasten wirkten, erfolgte dabei durch Ausnutzung der Kraft des Unterdrucks, der vor Beginn und während des Spiels durch Tretmechanismus oder Motor für das gesamte System erzeugt wird. Die Löcher in den Notenrollen ermöglichen einen Luftstoß. »Dieser Luftstoß öffnet ein Ventil am Tonbalg, der nun an ein großes Reservoir, in dem Unterdruck herrscht (Windlade), angeschlossen und leer gesaugt wird. Der Balg klappt zu. Diese Bewegung wird zum Auslösen des entsprechenden Klaviertons ausgenützt.«³⁶⁰ Durch einen unterschiedlich stark ausgeprägten Unterdruck kann somit eine vielfältige Anschlagsdynamik erreicht werden.

Die Anwendung pneumatischer Vorrichtungen in Reproduktionssystemen ist wiederum von einem bereits existierenden Instrument entlehnt. »Dabei überwiegt von Anfang [selbstspielender Klaviere] an die Unterdruck-Pneumatik, wie sie das Saugwind-Harmonium seit der von Christian Friedrich Ludwig Buschmann 1821 in Hamburg erstmals vorgeführten Hand-Aeoline ausprägt [...].«³⁶¹ Die Anwendung der Unterdruck-Pneumatik zur Auslösung mechanischer Vorgänge im Sinne einer Substitution von menschlicher Muskelkraft wurde wiederum von dem englischen Orgelbauer Charles Spackmann Barker 1832 umgesetzt. Der Barker-Hebel diente der Erleichterung des Tastendrucks, indem ein Teil der Traktur großer Orgeln durch die Kraft des Unterdrucks betätigt wird.³⁶²

Die gelochte Notenrolle, in Verbindung mit der bereits von der Orgeltraktur bekannten Unterdruckpneumatik begründete den großen Erfolg selbstspielender Klaviere,

³⁵⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Exkurs II: Erweiternde Innovationen durch Technologietransfer im Orgelbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts*, S. 163–170 in dieser Untersuchung.

³⁶⁰ Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 46.

³⁶¹ Peter Hagmann: *Das Welte-Mignon-Klavier, die Welte-Philharmonie-Orgel und die Anfänge der Reproduktion von Musik*, S. 82.

³⁶² Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Exkurs II: Erweiternde Innovationen durch Technologietransfer im Orgelbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts*, S. 163–170 in dieser Untersuchung.

beispielsweise der Firma Welte. Ebenso allerdings auch der Vorsatzgeräte, unter anderem der Phonola sowie der Pianola, dem US-amerikanischen Modell der Firma Aeolian-Company.³⁶³ Die Form des Notenrollenspeichers war, verglichen mit der Stiftwalze, nicht nur leichter austauschbar an einzelnen Instrumenten. Indem das Speichervolumen zudem nicht mehr auf den Umfang einer Walze allein beschränkt war, sondern nun aus langen Papierrollen bestand, konnte die Spiellänge wesentlich vergrößert werden. Ebenso wichtig war jedoch auch die Möglichkeit zur gleichzeitigen Speicherung mehrerer musikalischer Eigenschaften, wie beispielsweise dynamischer Verläufe sowie der Hervorhebung einzelner Stimmen. Wegweisend in dieser Hinsicht war die Phonola der Firma Hupfeld, die eine geteilte Windlade einführte. Durch zwei unterschiedlich stark ausgeprägte Unterdruckzüge konnte wiederum der sog. Solodant die Hervorhebung von Melodietönen ermöglichen. Er wurde durch eine zusätzliche Spur von Löchern auf der Notenrolle gesteuert.³⁶⁴ Ein aus wirtschaftlicher Sicht herausragender Aspekt der Phonola war allerdings die Möglichkeit, als ›Spieler‹ die wiedergegebene Musik durchaus beeinflussen zu können. Die Einflussnahme konnte mit Hilfe von Hebelchen erfolgen, die auf einem kleinen Bedienungsfeldes des Vorsatzgerätes angebracht waren. Die möglichen Funktionen waren die Kontrolle des Ober- und Unterstimmen-Solodants, ein ›Nüancierungs-Hebel‹ für die Begleitung und ein Tempo-Hebel. »Alle Nüancierungs-Möglichkeiten sind ein- und ausschaltbar, wenn der im Notenkasten befindliche Hebel entsprechend eingestellt ist. Ausgeschaltete Nüancen können aber stets auch durch Anwendung der entsprechenden Knöpfe auf dem Spieltisch wirksam gemacht werden.«³⁶⁵ Der Erfolg dieser Neuerungen spiegelt sich nicht zuletzt in ihrer Übernahme durch die amerikanische Firma Aeolian Company wider. Im Gegensatz dazu war das Welte-Mignon-System ein vollständig ohne menschliche Einflussnahme funktionierendes mechanisches Reproduktionsinstrument. »Es war zwar nach den gleichen technischen Prinzipien wie die Phonola konstruiert, enthält aber zusätzlich eine elektrisch betriebene Vakuumpumpe sowie über die Notenrolle selbsttätig gesteuerte Dynamikvorrichtungen.«³⁶⁶

³⁶³ Vgl. Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 74.

³⁶⁴ Ebenda, S. 58. Zur Einführung der geteilten Windlade vgl. ebenda, S. 49 f.

³⁶⁵ Spielanleitung der Firma Hupfeld. Zitiert nach: Jürgen Hocker: *Faszination Player Piano*, S. 60.

³⁶⁶ Ebenda, S. 85.



Abb. II-2: Ansicht eines Pianola-Vorsatzes der Firma Aeolian Company. Die Lochpapierrolle ist in der Mitte des Vorsatzes zu sehen, direkt vor der Rolle ist das Bedienungsfeld folgt. Die vier Hebelchen (v.l.n.r.) heben den Discant oder den Bass hervor. Darauf folgt die Solo-Funktion und die Tempo-Regulierung.

Unten links im Bild sind die Pedale zu erkennen, die zur Energieübermittlung für den Reproduktionsmechanismus dienen. Mit freundlicher Genehmigung des Musikinstrumenten-Museums Berlin. Kat.-Nr. 5014.

An dieser Stelle wird die Substitution menschlicher Kraft im Sinne eines Antriebes verdeutlicht. Erst mit dem Welte-Mignon hielten Elektromotoren Einzug in die Konstruktion mechanischer Musikinstrumente. Strom wurde angewendet als Substitut menschlicher Kraft, die bei herkömmlichen Instrumenten über eine Mechanik bzw. die Interaktionsform zwischen Interpret und Instrument, in akustische Kraft, in hörbare Schwingungen der Luft umgesetzt wurde. Bei mechanischen Musikinstrumenten war stets eine andere Form der Kraftquelle vonnöten, um die Vorrichtungen in Gang zu setzen. Bereits die antike Form der selbstspielenden Orgelwerke beruhte auf einer Vorrichtung, die – wenngleich deren Ziel nicht zwingend die Substitution menschlicher Kraft sein musste – einen steten Luftstrom durch Wasserdruck ermöglichte. »Der zum Anblasen der Orgelpfeifen benötigte Wind wurde entweder durch eine Balganlage erzeugt, die ebenfalls vom Wasserrad betätigt wurde, oder nach dem Verdrängungsprinzip durch sinnreich angeordnete Kammern, die abwechselnd mit Wasser gefüllt und wieder entleert wurden [...], wobei die verdrängte Luft zum Anblasen der Pfeifen diente.«³⁶⁷ So verwendete, nach dem Vorbild Herons von Alexandria, beispielsweise der um 820 konstruierte Flötenspieler der Brüder Mūsà, unter deren Ägide Herons Texte ins Arabische übersetzt worden waren, die Wasserkraft als An-

³⁶⁷ Vgl. Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1713.

trieb.³⁶⁸ Für Orgelinstrumente in Kirchenräumen wurde wiederum die menschliche Kraft zur Erzeugung des nötigen Luftdrucks herangezogen. Einen auf die Gestaltung mechanischer Instrumente besonders prägenden Einfluss hatte das Federwerk. Einerseits erlaubte es eine, verglichen mit dem Antrieb durch Wasserkraft, platzsparende Gestaltung, andererseits die Speicherung physischer Kraft durch Aufziehen. »Seit dem frühen 15. Jh. findet das Federwerk zum Antrieb von Uhren und mechanischen Musikinstrumenten Verwendung. [...] Um eine konstante Kraftwirkung zu erzielen, wurde das Federwerk früher mit der auch bei Uhren verwendeten ›Schnecke‹ kombiniert.«³⁶⁹ Diese qualitätssteigernde Erweiterung des Federwerkes ermöglichte dessen über Jahrhunderte währende Anwendung in unterschiedlichsten mechanischen Musikinstrumenten, bis hin zu den frühen Formen des Grammophons. Die Konstruktion von Flötenuhren in ihren unterschiedlichen Gestaltungsformen, eine der bis heute populärsten dürfte die der Kuckucksuhr sein, musste jedoch nicht zwingend von Musikinstrumentenbauern erfolgen. Darüber hinaus dürfen sie zu den ersten mechanischen Instrumentenkonstruktionen gezählt werden, die ab dem 18. Jahrhundert eine große Verbreitung durch den Handel erfuhren. »Friedrich der Große, der die wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung dieser Instrumente erkannte, siedelte 1763 zwanzig Uhrmacher aus Genf und Neuchâtel in Berlin an und gründete eine Uhrenmanufaktur, deren Schwerpunkt das mechanische Flötenwerk wurde.«³⁷⁰ Die Kombination von Uhr- und Flötenwerken stellt einen horizontalen Technologietransfer dar, der in diesem Fall, soweit heute noch nachvollziehbar, von Uhrmachern vollzogen wurde. Die Feder ist streng genommen eigentlich kein Substitut menschlicher Kraft, da diese zum Aufziehen benötigt wird. Sie ermöglicht allerdings eine Speicherung der aufgewendeten Energie und stellt als Kraftspeiche damit, zumindest prinzipiell, einen Vorläufer der Batterie dar. Elektrisch betriebene Motoren wiederum fanden im Bereich der Orchestrien und selbstspielenden Klaviere ab 1880 Anwendung, zunächst

³⁶⁸ Vgl. ebenda, Sp. 1714. Darüber hinaus vgl. Siegfried Zielinski: *Affekte und Effekte. Eine minimale Enzyklopädie um einfache Apparate und Automaten*, S. 71.

³⁶⁹ Jürgen Hocker: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, Sp. 1713.

³⁷⁰ Ebenda, Sp. 1716.

noch versorgt durch Batterien.³⁷¹ Als Energiespeicher wurde sie darüber hinaus auch im Orgelbau verwendet.³⁷²

Es erfolgte auch eine Anwendung von Elektrizität, die jedoch zur Auslösung des reproduzierenden Mechanismus eines elektrischen Klaviers erfolgte. Sie ist durch einen Patentantrag des Technikers Wilhelm Punge in Castorp vom 28. November 1867 dokumentiert. »Unter jeder Taste befindet sich ein Eisenstück und ein Elektromagnet. Von einem Uhrwerkmotor angetrieben, wurde eine perforierte Papierrolle über eine metallene Rolle transportiert und diese mit metallenen Federn abgetastet. Traf eine Feder auf eine Perforation im Papier, schaltete sich der Magnet ein und zog die Taste nach unten.«³⁷³ Dieses Beispiel einer frühen Form elektrischer Tastaturauslösung stellt noch einen Hybridantrieb dar, indem das Uhrwerk noch das steuernde Element, den Transport der Notenrolle übernimmt und damit die elektrische Auslösung der Klaviermechanik kontrolliert. Diese Charakterisierung trifft auch auf das Patent Alexander Bains von 1847 zu.³⁷⁴ Bevor sich die Anwendung der Elektrizität durch Schaffung der Infrastruktur des Stromnetzes als standardisierter Kraftlieferant für sämtliche funktionelle Konstruktionselemente durchsetzen konnte, musste nicht nur im Bereich mechanischer Musikinstrumente stets auf die menschliche Kraft zurückgegriffen werden. Dieser Aspekt ist exemplarisch an der Phonola ablesbar. Ihre Reproduktionsmechanismen wurden in Analogie zu den Harmonium-Instrumenten, durch Fußtritt angetrieben.³⁷⁵ Waren es bei den Harmonien die Saugwindbälge allein, so setzten die Tretschmel der Phonola zusätzlich noch die Notenrolle, das Programm der Reproduktionsmechanik, in Bewegung. Erst die Firma Welte führte einen Elektromotor zum vollständigen Antrieb ihres Welte-Mignons ein. Er trieb zwar lediglich den Blasebalg an, der den für die Mechanik notwendigen Unterdruck erzeugte. Sämtliche Funktionen des Reproduktionssystems waren jedoch daran gekoppelt.³⁷⁶ Der Paten-

³⁷¹ Ebenda, Sp. 1713.

³⁷² Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Exkurs II: Erweiternde Innovation durch Technologietransfer im Orgelbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts*, S. 163–170 in dieser Untersuchung.

³⁷³ Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau in Preußen*, S. 527.

³⁷⁴ Vgl. Peter Donhauser: *Konserventöne, Elektroklänge und Ingenieurmusik*, S. 19.

³⁷⁵ Vgl. Jan Grossbach: Art. *Harmonium*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 4, Kassel u.a. 1996, Sp. 217 ff.

³⁷⁶ Zu den einzelnen Aspekten der Justierung bezüglich der Inbetriebnahme des Welte-Mignon-Reproduktionssystems vgl. Peter Hagmann: *Das Welte-Mignon-Klavier, die Welte-Philharmonie-Orgel und die Anfänge der Reproduktion von Musik*, S. 103.

tantrag Wilhelm Punges dokumentiert demnach, ebenso wie das Patent Alexander Bains die Anwendung elektromagnetischer Kräfte zur Auslösung der Spielmechanismen. Dabei gebührt Bain, der seine Idee knapp zwei Jahrzehnte vor Punge formulierte, die Anerkennung der erstmaligen, horizontalen Transferleistung, indem er Wissen um elektromagnetische Vorrichtungen erstmals bezüglich der Anwendung in Bezug auf ein Musikinstrument beschreibt.

Mechanische Musikinstrumente stellen per se eine Schnittmenge, einerseits von technischen Vorrichtungen und Wissen, andererseits von der Anfertigung von Musikinstrumenten dar. Die zahlreichen Innovationen an Musikinstrumenten, besonders der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, wie sie bereits an den Blech- und Holzblasinstrumenten sowie dem Pianoforte erläutert wurden, legten eine zunehmende Verfeinerung mechanischer Produkte und Produktionsweisen nahe, ebenso wie deren Integration in überwiegend bereits bekannte Musikinstrumentenkonstruktionen. Auch neuartig konzipierte Ausgangskonstellationen von unterschiedlich ausgeprägten Anforderungen an eine neue Instrumentenkonstruktion verdeutlichen die Zunahme an technischen und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, die in eine solche Konzeption einfließen. Zahlreiche Vertreter mechanischer Musikinstrumente legen den Einfluss solcher Wissensgebiete nahe. Um allerdings eine bloße Aufzählung der Verzahnungen technischer und musikalischer Vorrichtungen zu vermeiden, lohnt sich die Überlegung welche Aspekte der Musikhervorbringung durch Technik ermöglicht werden sollten. Durch die Konzentration auf die Aspekte der Speicherung und Wiedergabe bei mechanischen Musikinstrumenten konnte die übergreifend zutreffende Substitution des Menschen hinsichtlich seiner mechanisch-funktionellen Einwirkungen auf das Instrument aufgezeigt werden. Das menschliche Gedächtnis und sein Bewegungsapparat konnten bereits vor Beginn des 19. Jahrhunderts, ab dessen Ende und mit dem Übergang zum 20. Jahrhundert schließlich in bis dahin unerreichter Qualität durch technische Vorrichtungen ersetzt werden. Dabei kann man aus heutiger Perspektive die selbstspielenden Klaviere mit ihrem leicht kontrollierbaren Repertoire durchaus in das Feld der Medien zählen. Im Gegensatz zu einem Grammophon konnte zwar nur Klaviermusik abgespielt werden, diese jedoch in klanglich perfekter, da auf einem tatsächlichen Instrument erzeugter, Wiedergabequalität.

Diese Tatsache führt zu einer zweiten Feststellung. Trotz der zunehmenden Anwendung von neuen Technologien als Substitut erfolgte der Schritt zur Anwendung von Technologien zu neuer oder zumindest neuartiger Klangerzeugung nicht. Vielmehr wurden mechanische oder gar elektrische Vorrichtungen ersonnen, um herkömmliche Klangerzeugung durch ein lediglich erweitertes herkömmliches Instrument umsetzen zu können. Die Innovationen, die im Bereich der mechanischen Musikinstrumente vollzogen wurden, waren zumeist Erweiterungen bereits bekannter Konstruktionen. Die Vorsatzgeräte hingegen nehmen als Innovation eine Zwischenposition ein. Prinzipiell können sie als eine Erweiterung der Klaviere angesehen werden, sind dabei allerdings zusätzlich eigene Objekte. Allerdings würden sie als Objekt allein genommen die ihnen zugedachte Funktion ohne das Klavier nicht erfüllen können. Nur durch die Kombination aus gewöhnlichem Klavier und Vorsatzgerät kann die Funktion, Musik ohne Interpret auf dem Instrument erklingen zu lassen, erfüllt werden. Dabei finden sämtliche Prozesse der Steuerung, die Aktivierung der Spielmechanik durch menschliche oder elektrische Kraft und die Übertragung der Kraft durch Lochpapierstreifen in eine Mechanik, die wiederum das Klavier und dessen Mechanik zur eigentlichen Klangerzeugung aktivieren, innerhalb des Vorsatzgerätes statt.

Bei den verschiedenen Konstruktionen elektroakustischer Instrumente, wobei das Trautonium für diese Untersuchung im Mittelpunkt steht, ist ebenfalls, in Analogie zu den mechanischen Musikinstrumenten, der Technologietransfer ein charakteristisches Moment der Innovation. Im Gegensatz werden dafür allerdings Wissen und technische Vorrichtungen nicht zum Zwecke einer Substitution des Interpreten, bzw. einiger anatomisch-funktioneller Aspekte, herangezogen. Vielmehr wird die Kraft und Eigenschaft der Elektrizität und Elektrotechnik angewendet, um eine neuartige Form der Klangerzeugung zu realisieren. Das dafür nötige Wissen um akustische Phänomene und der physikalischen Beschaffenheit von Tönen und Klängen wurde in diesem Zuge in einer neuen Perspektive bedeutend, besonders wenn es zur künstlichen, das heißt elektronisch realisierten, Synthese von Klangfarben kommt. Der Technologietransfer vollzieht sich demnach bei mechanischen und elektroakustischen Musikinstrumenten auf unterschiedlichen Ebenen der Instrumentenkonstruktion. Diese Tatsache verdeutlicht wiederum ein Problem der Musikinstrumentenkunde, wenn eine Einordnung der vielfältigen und äußerst disparaten Konstruktionsformen

mechanischer, aber auch elektroakustischer Musikinstrumente, in Systeme erfolgen soll. Werden neuartige Instrumentenkonstruktionen, die mit Hilfe neu aufgekommener Wissenschaften und Technologien entstanden sind, in eine bereits existierende Systematik eingeordnet, liegt eine Verschärfung der Problematik auf der Hand.

4. Entfaltung relevanter Wissenschaften und Technologien im 19. Jahrhundert

Für die Entstehung elektroakustischer Musikinstrumente sind, wie es bereits durch das Adjektiv ›elektroakustisch‹ angedeutet werden soll, nicht alleine elektrische bzw. elektrotechnische Kenntnisse sowie Vorrichtungen vonnöten, sondern auch akustische Vorstellungen über die Beschaffenheit des zu erzeugenden Tones bzw. Klanges. Im Gegensatz zu herkömmlichen Instrumenten, deren Klangerzeugungsvorgang gleichsam mit der Tradition des Musikinstrumentenbaus überliefert wurde, eröffnete der elektroakustische Instrumentenbau eine neue Ebene des menschlichen Zugriffs auf die Klanggestaltung. Diese Ebene und besonders das Bewusstsein der Konstrukteure um diesen Aspekt, ist bereits ablesbar in elektromechanischen Instrumentenkonstruktionen, die noch mit herkömmlicher Schwingungserzeugung, also mit mechanisch schwingenden Körpern, arbeiten. So verwenden beispielsweise die Dauer-tonklaviere elektrotechnische Vorrichtungen lediglich zur Manipulation der mechanischen Saitenschwingung.

Um sich diese neue Ebene zugänglich zu machen, ist die Erschließung von Wissen über das physikalische Fachgebiet der Akustik nötig. Erst durch Kenntnis um die genaue Beschaffenheit von Tönen und Klängen bzw. Klangfarben, ist wiederum das Potenzial erschlossen, in einem zweiten Schritt einen Weg der Realisierung zu suchen. Im Falle elektroakustischer Musikinstrumente führt dieser Weg über ein zweites physikalisches Gebiet, der Elektrizitätslehre sowie der Elektrotechnik. Indem Strom zunächst als Energie- bzw. Kraftlieferant Anwendung findet, um die Aktionen des Interpreten über verschiedene Zwischenschritte, beispielsweise einer elektrifizierten Interaktionsform zwischen ihm und dem Instrument, hin zur tatsächlich erklingenden Musik zu übermitteln, muss eine gedoppelte Anwendungsweise festgestellt werden. Die zweite Anwendung erfolgt dann in der elektrotechnischen Erzeugung von denjenigen Schwingungen, die letztendlich – ausgelöst durch die erste Anwendungsweise der Interaktionsform – zu hörbaren Tönen und Klängen umgewandelt werden können. Auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre müssen ebenfalls sowohl theoretisches Wissen als auch die Fertigkeit zur Herstellung materieller Vorrichtungen gegeben sein. Die nachfolgenden Darstellungen über die Entwicklung der jeweiligen Gebiete

sollen die Grundlage bilden, um einen Kontext des Wissens und der Technologie zu schaffen, innerhalb dessen ausgewählte Beispiele bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente dargestellt werden können.

1) Akustik

Der erste Abschnitt bezüglich wissenschaftlicher Erkenntnisse wendet sich dem etwa zu Beginn des 19. Jahrhunderts aufkommenden Fachgebiet der Akustik zu. Es handelt sich dabei um einen, aus heutiger Perspektive selbstverständlichen und allgemein bekannten Kanon verschiedener Phänomene und Naturgesetze, der für Instrumentenbauer zu den Grundlagen ihres Arbeitswissens zählt. Über Jahrhunderte hinweg wurden jedoch Musikinstrumenten von teilweise bis heute unübertroffener Qualität gefertigt, ohne dass deren Konstrukteure Zugriff auf akustische Forschungen oder Erkenntnisse haben konnten, da ein Wissen darüber noch nicht verfügbar war. Anwendungen von Erkenntnissen aus dem Gebiet der Akustik müssen also nicht ein Qualitätszeichen sein. Im vorliegenden Falle muss die Perspektive auch die umgekehrte sein. Nicht die Innovation von existierenden Musikinstrumenten durch Optimierung ihrer akustischen Eigenschaften ist hier von Interesse. Indem Akustik als Lehre von der physikalischen Beschaffenheit des Tones und des Klangs verstanden sei, wird das Wissen darum bezüglich elektroakustischer Musikinstrumente als Mittel zum Zwecke der Ton- bzw. Klanghervorbringung zur *conditio sine qua non*. Die Akustik eröffnet überhaupt erst das Wissen darum, was genau hervorgebracht bzw. erzeugt werden soll. Erst nachdem sich eine Person dieses Wissen erschlossen hat, kann es transferiert werden auf die Konzeption einer Vorrichtung mit dem Ziel, als Musikinstrument bestimmte Eigenschaften zu besitzen.

Die Akustik erfuhr um die Wende zum 19. Jahrhundert durch Ernst Florens Friedrich Chladni einen entscheidenden Anstoß, der sie aus »...der experimentellen Akustik zu einem eigenen Vorlesungsgebiet [erhob].«³⁷⁷ In seiner bereits 1787 veröffentlichten Arbeit *Entdeckungen über die Theorie des Klanges* beschreibt er die Schwingungsformen auf Oberflächen gestrichener flacher Körper als Klangfiguren.

³⁷⁷ Hermann Richard Busch: Art. *Chladni*, Ernst Florens Friedrich, Sp. 957.

»Alle Stellen des klingenden Körpers, an denen die Axe von den schlangenförmigen Krümmungen durchschnitten wird, lassen sich, wenn dessen Oberfläche gerade ist, und horizontal gehalten wird, sichtbar machen, wenn man vor oder bey dem Streichen etwas Sand auf dieselbe streuet, welcher von den schwingenden Stellen, öfters mit vieler Heftigkeit, heruntergeworfen wird, und an den sich nicht bewegenden Stellen liegen bleibt.«³⁷⁸

Indem er Schwingungen und deren unterschiedliche Ausbreitung über Körper sichtbar macht, kann er die ruhenden Knotenpunkte feststellen, was wiederum bedeutsam für den Umgang von schwingenden Körpern bei der Konstruktion von Musikinstrumenten werden sollte. Diese Erkenntnisse wendet er selbst für den Clavicylinder und das Euphon an. Für die Akustik im Sinne des Verständnisses um die Beschaffenheit von Klängen und Tönen viel wesentlicher war allerdings seine Feststellung, dass eine Vielzahl an unterschiedlichen Körperformen und Materialien die Möglichkeit besitzen, zu schwingen und damit Klänge zu erzeugen. Obwohl bereits Daniel Bernoulli festgestellt hat, »...daß die Klangfarbe eines Instruments durch die Mischung von Grund- und Obertönen bedingt ist und daher von den relativen Stärken der verschiedenen Teiltöne...«³⁷⁹ abhängt, gelangt Chladni noch nicht zu dem Schluss, dass zusätzlich wahrnehmbare Töne aus dem Spektrum der Obertonreihe herrühren. Er bemerkt lediglich das stete Auftreten zusätzlicher Töne, die für ähnlich geformte Körper, beispielsweise elliptische und runde Scheiben, auch ähnlich ausgeprägt sind. »Alle diese coexistierenden Schwingungsarten sind aber nicht etwa als ein einziger Klang, oder als wesentliche Bestandteile des Grundtones [...], sondern als mehrere von dem Grundtone und von einander ganz verschiedene Klänge anzusehen, die an der nämlichen Saite zu gleicher Zeit, eben so, wie an mehreren Saiten, Statt finden [sic] können.«³⁸⁰ So folgert er am Ende dieser Arbeit, dass ein »...Klang entsteht, wenn ein elastischer Körper gleichzeitige und hörbare Schwingungen macht. Die Gleichzeitigkeit der Schwingungen ist unstreitig die einzige wesentliche Eigenschaft, durch welche sich ein Klang von jedem Geräusche unterscheidet.«³⁸¹

³⁷⁸ Ernst Florenz Friedrich Chladni: *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, S. 4.

³⁷⁹ Wolfgang Auhagen/Roland Eberlein u.a.: Art. *Akustik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 1, Kassel u.a. 1994, Sp. 379.

³⁸⁰ Ernst Florenz Friedrich Chladni: *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, S. 69.

³⁸¹ Ebenda, S. 71.

Chladni Versuche sind weniger bezüglich der Beschaffenheit von Tönen und Klängen von Bedeutung. Vielmehr erkannte er die Schwingungseigenschaften unterschiedlichster Körper, somit die Resonanzfähigkeit und –qualität unterschiedlicher Materialien. Diese Erkenntnisse waren es auch, die ihn schließlich zur Konzeption und Konstruktion seiner beiden Instrumente, unter Verwendung neuartig geformter Klangkörper, führte. Seine Untersuchungen ließen die Akustik auf dem Gebiet des Instrumentenbaus zu einer anerkannten Disziplin avancieren, so dass Konstrukteure zunehmend akustisches Wissen in ihre Konzeption mit einbezogen. »Chladni rückte die akustischen Phänomene stärker ins Bewußtsein und gab das theoretische Fundament für Carl Kützing's *Handbuch der Fortepiano-Baukunst* (1833).«³⁸²

Der nächste Schritt auf dem Gebiet der Akustik führt von einfachen Tönen weg zur Differenzierung zwischen Ton und Klang. Eine wesentliche und lange Zeit als zulänglich aufgefasste Erkenntnis zur Beschaffenheit der Klangfarbe wurde kurz vor der Mitte des 19. Jahrhunderts durch Georg Simon Ohm formuliert. Unter Berufung auf das erst zu Beginn des Jahrhunderts begründeten Fourier-Theorem formuliert er die These, dass »...unser Ohr nur einfache Sinusschwingungen als reinen Ton empfindet, und daß es andere periodische Schwingungsformen als ein Gemisch von Grund- und Obertönen herauszuhören vermag.«³⁸³ Damit bestätigt er Bernoullis Vermutung über die Zusammensetzung von Klängen aus mehreren Tönen. Einen Beweis für die Richtigkeit der ohmschen Feststellung liefert jedoch erst Hermann von Helmholtz in seiner *Lehre von den Tonempfindungen* von 1863.³⁸⁴ In dieser umfassenden Veröffentlichung legt er zahlreiche und bis heute zum Teil unveränderte Fundamente über die physikalischen Eigenschaften von Tönen und Klängen. Mithilfe zahlreicher Versuchsanordnungen, bei denen er zum Großteil selbst erdachte Vorrichtungen verwendet, verschafft er sich einen systematischen Zugang zu den Phänomenen der Akustik. Seine universelle Bildung, sowohl hinsichtlich der Musik, als auch der Physiologie ermöglicht ihm einen vielseitigen Einblick und präzise Differenzierungen. Zu Beginn grenzt er den Klang als Untersuchungsgegenstand ein. »Der erste und Hauptunterschied verschiedenen Schalls, den unser Ohr auffindet, ist der Unterschied zwischen

³⁸² Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau*, S. 30.

³⁸³ Wolfgang Auhagen/Roland Eberlein u.a.: Art. *Akustik*, Sp. 380.

³⁸⁴ Vgl. Hermann von Helmholtz: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 89 ff.

Geräuschen und musikalischen Klängen. [...] Zwar können Geräusche und Klänge in mannigfach wechselnden Verhältnissen sich vermischen und durch Zwischenstufen in einander übergehen, ihre Extreme sind aber weit von einander getrennt.«³⁸⁵ Dabei rückt er den Klang in einen musikalischen Kontext, womit er implizit bereits von instrumentalen Klangfarben spricht. Als ausgebildeter Arzt bleibt er bei den physikalischen Beschreibungen der akustischen Phänomene stets der Perspektive ihrer menschlich-physiologischen Rezeption verhaftet. Dadurch kann er zunächst diejenigen Parameter an Klängen definieren, die sie noch in unserem heutigen Verständnis von physikalisch reinen Tönen unterscheiden. »Klänge können sich nämlich unterscheiden: 1. durch ihre Stärke, 2. durch ihre Tonhöhe, 3. durch ihre Klangfarbe.«³⁸⁶ Damit charakterisiert er gleichzeitig weitere Eigenschaften, deren Kenntnis bereits eine Grundbedingung zur elektrotechnischen Realisierung, an dieser Stelle zunächst noch allein von Tönen, bedeuten. Am Beispiel von angeschlagenen und ungedämpft abklingenden Saiten demonstriert Helmholtz die Bedeutung der Amplitude von Schwingungen für die Lautstärke. Durch die Verwendung einer Sirene stellt er, wie bereits Thomas Johann Seebeck vor ihm, die Frequenz, die Schwingungsanzahl pro Zeiteinheit, als für die Tonhöhe charakteristisch dar.³⁸⁷ Die Unterscheidung der jeweiligen Beschaffenheit beider grundsätzlichen Schall-Arten begründet eine weitere Voraussetzung zur Erzeugung verschiedenartiger Klänge mit elektrotechnischen Mitteln. »Die Empfindung eines Klanges wird durch schnelle periodische Bewegungen der tönenden Körper hervorgebracht, die eines Geräusches durch nicht periodische Bewegungen.«³⁸⁸ Die Periodizität der Schwingung, die Ordnung der durch die tönenden Körper hervorgebrachten Wellen als charakteristisches Merkmal musikalischer Klänge, formuliert für die künstliche Klangerzeugung eine wichtige Bedingung. Die zu erzeugenden Schwingungen sollten gleichförmig wiederkehrend sein. Diese Bedingung erleichtert das Hervorbringen mit elektrotechnischen Mitteln, da das Prinzip

³⁸⁵ Ebenda, S. 14.

³⁸⁶ Hermann von Helmholtz: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 19.

³⁸⁷ Vgl. Jürgen Meyer: *Forschung für den Musikinstrumentenbau*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, S. 359. Vgl. auch die Ausführungen Helmholtz' zu diesen beiden Aspekten in ders.: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 20 f.

³⁸⁸ Hermann von Helmholtz: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 16.

einer sich wiederholenden Gleichförmigkeit mit damaligen Mitteln einfacher produzierbar ist, als ungeordnete, chaotisch anmutende Aperiodizität.

Nach diesen physikalischen Elementen, die Töne und Klänge charakterisieren, widmet Helmholtz ein ganzes Kapitel der Beschreibung unterschiedlicher Klangfarben, wobei er einleitend die bisher in seinen Untersuchungen erfolgten Feststellungen nochmals zusammenfasst.

»Es hatte sich ergeben, dass die Stärke abhängt von der Amplitude der Schwingungen, die Tonhöhe von ihrer Anzahl; so blieb für die Unterschiede der Klangfarbe kein anderer Unterschied der Schallwellen übrig, als der ihrer Schwingungsform. Wir haben dann weiter gesehen, dass von der Schwingungsform auch die Existenz und Stärke der den Grundton des Klanges begleitenden Obertöne abhängt, und müssen daraus schliessen, dass Klänge von gleicher Klangfarbe auch immer dieselben Combinationen von Partialtönen zeigen müssen.«³⁸⁹

Mit dieser umfassenden Feststellung schafft Helmholtz das theoretische Fundament über die physikalische Beschaffenheit von Klangfarben, das sich nicht allein auf das Gebiet elektroakustischer Klangerzeugung auswirken wird. Durch seine wissenschaftliche Ergründung akustischer Phänomene lüftet er gleichsam den damals als metaphysisch empfundenen Vorhang vor klanglich-musikalischen Erscheinungen.

Die Praxis künstlicher Erzeugung von Klangfarben – allerdings noch mit herkömmlichen, also bereits im Instrumentenbau bekannten Mitteln – und damit ein anschauliches Beispiel für die ›Richtigkeit‹ seiner geleisteten Untersuchungen, stellt Helmholtz am Beispiel der Orgel dar.

»Es ist bekannt, dass diese Verbindung mehrerer Töne zu einem Klange, welche von der Natur in den Klängen der meisten musikalischen Instrumente hervorgebracht ist, auf den Orgeln auch künstlich durch besondere mechanische Vorrichtungen nachgeahmt wird. [...] Für solche Gelegenheiten, namentlich um den Gesang der Gemeinde zu begleiten, dienen nun die Mixturregister. In diesen Registern ist jede Taste mit einer grösseren oder kleineren Reihe von Pfeifen verbunden, die sie gleichzeitig öffnet, und welche den Grundton und eine gewisse Anzahl der ersten Obertöne des Klanges der betreffenden Note geben.«³⁹⁰

Das Potenzial der Orgel, aufgrund der Mixturregister Klangfarben durch zusätzliche Töne hervorzubringen, die sowohl aus der Obertonreihe stammen als auch in Relati-

³⁸⁹ Ebenda, S. 113.

³⁹⁰ Ebenda, S. 97 f.

on zum jeweiligen Grundton stets im gleichen Schwingungsverhältnis verbleiben, stellt für Helmholtz ein ausreichendes Argument für seine Erkenntnisse dar. Erst in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert wird diese Vorstellung über das Zustandekommen der instrumentalen Klangfarben korrigiert und erweitert werden. Die *Lehre von den Tonempfindungen* stellte für über ein halbes Jahrhundert das Standardwerk für die Akustik dar. Die später erfolgten Forschungen bezüglich der Klangfarben, finden vor einem sehr ähnlichen Hintergrund statt, wie er auch für Helmholtz so charakteristisch ist. Dabei handelt es sich um die enge Verknüpfung akustischer Forschungen mit physiologischen Charakteristika des menschlichen Körpers. Durch seine Untersuchungen begründet Helmholtz das Entwicklungspotenzial, aus dem später unter anderem auch die Tonpsychologie hervorgehen sollte.³⁹¹ So unternimmt er bereits den Versuch, neben instrumentalen Klangfarben auch die Entstehung der Vokalklänge im menschlichen Stimmapparat zu erläutern.

»Den Einfluss, den die Abstimmung der Mundhöhle auf die Klangfarbe der Stimme hat, ist nun ganz derselbe, welchen wir bei den künstlich construierten Zungenpfeifen schon kennen gelernt haben. Es werden nämlich alle diejenigen Obertöne verstärkt, welche mit einem der Eigentöne der Mundhöhle zusammenfallen, oder ihm doch nahe genug liegen, während die übrigen Obertöne mehr oder weniger gedämpft werden.«³⁹²

Den nächsten einflussreichen Forschungsbeitrag zur physikalischen Zusammensetzung der Klangfarben leistet Carl Stumpf, der ab 1883 den Begriff der Tonpsychologie prägt und »...die vorwiegend auf das Physikalisch-Psychologische ausgerichteten Forschungen von Helmholtz nach der psychologischen Seite weiter...«³⁹³ führt. Auch er geht in seinen Forschungsarbeiten von Beobachtungen des Zustandekommens der Vokalklänge im menschlichen Stimmapparat aus. Dabei kommt er zu einem anderen Ergebnis als Helmholtz, was die Beschaffenheit der Obertöne hinsichtlich der Klangfarbenentstehung anbelangt. Helmholtz schlug noch ein statisches Modell vor, in dem eine Klangfarbe durch das jeweils gleiche Verhältnis von Obertonschwingungen zu unterschiedlichen Grundschwingungen definiert wurde: mit einer Änderung des Grundtones ändern sich auch, sofern die Klangfarbe beibehalten wird, die dazugehö-

³⁹¹ Vgl. Hans-Peter Reinecke: Art. *Helmholtz, Hermann (Ludwig Ferdinand)*, Sp. 1271.

³⁹² Hermann von Helmholtz: *Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 173.

³⁹³ Jobst Fricke: Art. *Stumpf, Carl*, Sp. 230.

rigen Obertöne. Carl Stumpf hingegen stellt fest, dass diejenigen Obertöne, die für die Beibehaltung einer Klangfarbe bei wechselndem Grundton entscheidend hervortreten, stets in einer gewissen Frequenzregion verblieben.

»Wir verstehen unter dem Formanten nicht einen einzelnen Ton, sondern im allgemeinen eine Strecke des Tongebietes, die zur Charakteristik eines Vokals in besonderem Maße beiträgt. Und zwar nennen wir Hauptformant oder Formant schlechtweg die Strecke, die den überhaupt ausschlaggebendsten Ton eines Lautes einschließt.«³⁹⁴

Da stets mehrere Obertöne mitklingen, deren Intervalle zueinander abnehmen, je näher sie am Grundton liegen, kann prinzipiell ein ausgedehntes Frequenzspektrum als Formant angenommen werden. Stumpf grenzt dieses Spektrum wiederum ein, indem er sich auf die jeweilige Lage des charakteristischsten Obertones beschränkt. Damit wird das starre Frequenzverhältnis der Obertöne zum jeweiligen Grundton, wie Helmholtz es noch formuliert, aufgelöst und die Entstehung der Klangfarben dynamischer erläutert. »Damit zwei Töne unterschiedlicher Tonhöhe die gleiche Klangfarbe haben, müssen die stärksten Teiltöne in den gleichen spektralen Regionen liegen, was bedeutet, daß die stärksten Teiltöne des höheren Tones eine niedrigere Ordnungszahl haben als die des tieferen Tones.«³⁹⁵ An dieser Stelle sei angemerkt, dass Helmholtz bereits die gleiche Erkenntnis, allerdings nur bezüglich der Vokalklänge hatte. »Die Vokalklänge unterscheiden sich von den Klängen der meisten anderen musikalischen Instrumente also wesentlich dadurch, dass die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl derselben, sondern von deren absoluten Tonhöhe abhängt.«³⁹⁶ Helmholtz scheint diese Erkenntnis jedoch nicht auf Instrumentalklänge übertragen zu haben.

Bis an diese Stelle sind die erfolgten wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Beschaffenheit von Tönen und Klängen nicht nur für elektroakustische, sondern auch für herkömmliche Instrumentenkonstruktionen wegbereitend. Von herausragender Bedeutung für die Entwicklung der charakteristischen Eigenschaften des Trautoniums als einen Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente ist zudem noch die Ar-

³⁹⁴ Carl Stumpf: *Die Sprachlaute: Experimentell-Phonetische Untersuchungen nebst einem Anhang über Instrumental-Klänge*, Berlin 1926, S. 62 f.

³⁹⁵ Wolfgang Auhagen/Roland Eberlein u.a.: Art. *Akustik*, Sp. 383.

³⁹⁶ Hermann von Helmholtz: *Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 180.

beit eines weiteren Pioniers der Forschung über die Entstehung unterschiedlicher Klangfarben. Bereits vor Carl Stumpf gelangt der Physiologe Ludimar Hermann zu einer Theorie über die Entstehung der unterschiedlichen Vokalfarben im Stimmapparat des Menschen durch Formanten. Im Gegensatz zu Helmholtz' Annahme, dass die Stimmritze obertonreiche Klänge produziere und diese bereits, je nach Stellung des Rachen- und Mundraumes, in ihrem Formantbereich verstärkt seien, kommt Hermann auf umgekehrten Wege zu seinen Darstellungen.³⁹⁷ Er geht davon aus, dass die Stimmritze bei der Erzeugung von Vokallauten sich nur sehr kurz und plötzlich öffnet. Dadurch kann ein explosionsartiger Luftstrom in die Mundhöhle eintreten, so »...dass der charakteristische Ton (Mundton) in seiner Amplitude periodisch oscilliert, und zwar in der Periode der Stimmnote. Die Entstehung dieser Bewegungsform könnte man sich so denken, dass der Mundresonator stark gedämpft ist und von dem aus der Kehle kommenden intermittierenden Luftstrom intermittierend angeblasen wird. Der Mundton kann dann auch unharmonisch zum Stimmton sich verhalten.«³⁹⁸ Die periodisch stattfindende Öffnung der Stimmritze bildet dabei lediglich die Tonhöhe. Die Mundhöhle gleicht in diesem Modell einer luftdurchströmten Pfeife, deren Form und damit Klangfarbenpotenzial, jedoch variabel ist. Hermann kehrt Helmholtz' Modell insofern um, als die Formanten nicht durch Resonanzverstärkung in der Mundhöhle entstehen. Vielmehr regt der Grundton überhaupt erst das Mitschwingen von – je nach gewünschtem Vokalklang – bestimmten Formanten an, die unabhängig vom Grundton sein können.³⁹⁹

Das über den Verlauf des 19. Jahrhunderts sich ausdifferenzierende Feld der Akustik erbrachte unter anderem einige Erklärungsmodelle bezüglich der Beschaffenheit von Tönen und Klängen. Neben Auswirkungen auf Produktionsprozesse im Instrumentenbau ergab ein solches Wissen überhaupt erst die Möglichkeit, gewünschte Klangeigenschaften und, wie es im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts besonders virulent wurde, gewünschte Klangfarben zu konzipieren und auf neuen Wegen hervorzubringen.⁴⁰⁰ Eine erfolgreiche Umsetzung war dadurch nicht immer garantiert, da bei einer Konstruktion stets eine unüberschaubare Zahl an Faktoren Einfluss nehmen kann.

³⁹⁷ Vgl. hierzu auch die Ausführungen in Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 39.

³⁹⁸ Ludimar Hermann: *Lehrbuch der Physiologie*, Berlin ¹⁰1892, S. 354.

³⁹⁹ Vgl. ebenda, S. 40.

⁴⁰⁰ Vgl. hierzu den Abschnitt I.3. *Musikschaffen und Musikforschung*, S. 28–52 in dieser Untersuchung.

Darüber hinaus ist aus heutiger Perspektive offensichtlich, dass die damaligen Modelle nicht vollständig zutreffend sind. So steht den ersten Versuchen, mithilfe akustischer Theorien in Verbindung mit elektrischen und elektrotechnischen Mitteln neue Musikinstrumente zu konstruieren, eine Vielzahl von Problemen gegenüber. Dass dennoch eine große Anzahl solcher, höchst unterschiedlich konzipierter Konstruktionen realisiert wurde, spricht für die positive Haltung gegenüber technischen Neuerungen, die für die Wende zum 20. Jahrhundert so charakteristisch war.

2) Elektrizität und Elektrotechnik

Wie zu Beginn dieses Abschnittes bereits erläutert, muss für die zum Ende des 19. Jahrhunderts einsetzenden Versuche, mithilfe elektrotechnischer Mittel und Vorrichtungen Musikinstrumente zu konstruieren, zunächst die allgemeine Elektrizität in Betracht gezogen werden. Anschließend wird die weitere Entwicklung erläutert, die schließlich zur Begründung der Elektrotechnik führt, die wiederum hinsichtlich elektroakustischer Musikinstrumente als besonders relevant zur künstlichen Erzeugung und drahtlosen Übertragung von Schwingungen erscheint.

Das wissenschaftliche Gebiet der Elektrizität erfährt im Verlauf des 18. Jahrhundert einen enormen Interessenszuwachs und bereits am »...20. März 1800 sandte [Alessandro] Volta einen Brief an den Präsidenten der Royal Society in London, der unter dem Titel ›Über die bei bloßer Berührung leitender Substanzen verschiedener Art erregte Elektrizität‹ in den *Philosophical Transactions* abgedruckt wurde.«⁴⁰¹ Darin beschreibt er eine Form dauerhaft funktionierender Stromquellen, den später nach ihm benannten Voltaschen Säulen, die als Vorläufer heutiger Batterien gelten.⁴⁰² Nach dieser Entwicklung, die permanenten Stromfluss und ein damit verbundenes Forschen ermöglichen, ist die Entdeckung des Elektromagnetismus 1820 durch Hans Christian Ørsted von besonderer Bedeutung. Die praktische Anwendung erfolgt allerdings erst über ein Jahrzehnt später, als es gelingt, »...in den elektromagnetischen Maschinen Elektrizität (Strom) in Magnetismus so umzusetzen, daß damit eine Bewe-

⁴⁰¹ Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 46 f.

⁴⁰² Vgl. Oliver Hochadel: Art. *Elektrische Instrumente*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 3, Stuttgart 2006, Sp. 180.

gung erzielt werden konnte.«⁴⁰³ Der Elektromagnetismus begründet das Potenzial für eine neue Form der Motorisierung neben den bis dahin gängigen Dampfmaschinen. Zunächst erfolgt allerdings noch die Umkehrung des von Ørsted entdeckten Prinzips durch Michael Faraday. Er beobachtet, dass während des Anlegens von Stromfluss in einer isoliert und seitlich an einem Eisenring aufgewickelten Drahtspule an einer eben solchen Drahtspule, die auf der gegenüberliegenden Seite des Eisenringes aufgewickelt war, ein Stromfluss erzeugt wird. »Am 17. Oktober 1831 konnte er so die Umkehrung des Oerstedschen Versuchs zeigen, die man üblicherweise als elektromagnetische Induktion bezeichnet.«⁴⁰⁴ Um die Mitte des 19. Jahrhunderts findet die Elektrizität zunehmend Anwendung und Verbreitung in der Gesellschaft. Es beginnen Versuche mit Bogenlicht, um das Gas als Energieträger für die Beleuchtung zu ersetzen. Da letzteres bei der Verbrennung einerseits den Luftsauerstoff verbraucht und andererseits eine große Wärmeentwicklung mit sich bringt, ist es beispielsweise für die Beleuchtung von öffentlichen Räumen nicht besonders geeignet. »In den Theatern mit Gaslicht für Bühne und Zuschauerraum heizte sich die Luft stark auf, der Sauerstoff wurde rasch verbraucht, und der Geruch störte Schauspieler und Zuschauer. Viel gefährlicher waren die Theaterbrände durch das Gaslicht: 1881 kamen über 400 Menschen bei einem Brand im Wiener Ringtheater ums Leben.«⁴⁰⁵ Allerdings standen der Lichterzeugung durch Elektrizität zunächst noch einige Probleme gegenüber, so dass es sich gegen die Konkurrenz des Gaslichtes erst im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts durchsetzen konnte. Von größerer Bedeutung für die Entwicklung elektroakustischer Musikinstrumente sind die magnetelektrischen Maschinen zur Erzeugung von Strom, wie sie zunächst besonders im Bereich der elektrischen Telegraphie als Energielieferant eingesetzt wurden. So verwendeten beispielsweise Carl Friedrich Gauß und Wilhelm Eduard Weber »...für ihren 1833 erfundenen Telegrafen induzierte Stromstöße.«⁴⁰⁶ Die elektrische Telegrafie revolutionierte nicht nur die Kommunikation, die nun über eine große Entfernung in Echtzeit stattfinden konnte.

⁴⁰³ Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 46 f.

⁴⁰⁴ Ebenda, S. 64.

⁴⁰⁵ Ebenda, S. 73.

⁴⁰⁶ Ebenda, S. 81.

In Verbindung mit der Eisenbahn konnte sie auch zur Sicherung der nun auf der ganzen Welt nach und nach entstehenden Streckennetze angewendet werden.⁴⁰⁷

Als Werner von Siemens 1879 den Begriff der Elektrotechnik prägte, »...war die Telegrafentechnik nicht mehr die einzige Anwendung der Elektrizität im großen Stil, die Starkstromtechnik mit der Möglichkeit der Beleuchtung und des elektrischen Antriebs hatte sich als weiterer Zweig der angewandten Elektrizitätslehre ausgebildet [...].«⁴⁰⁸ Nach der ersten großen Welle technischen Wandels, den die Dampfmaschine in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausgelöst hatte, stand die zweite Hälfte im Zeichen des technischen Wandels durch Elektrizität und der neu aufkommenden Elektrotechnik. Mit der Entwicklung des Dynamos, einer Maschine zur Erzeugung prinzipiell beliebig starker Ströme werden abermals neue Wege bereitet. Besonders in Kombination mit der von Thomas Alva Edison entwickelten Form der Glühlampe findet nun auch die Elektrotechnik allmählich Einzug in den Alltag der Gesellschaft. »Auf der im August 1881 eröffneten Internationalen Elektrizitätsausstellung in Paris war Edison mit seinem elektrischen Glühlicht, das großes Aufsehen erregte, vertreten.«⁴⁰⁹ Es folgen in Deutschland, zunächst in Berlin, die Einrichtungen von Blockstationen zur Stromerzeugung und der Versorgung der Haushalte für die Beleuchtung, denen sich bald auch größere Einrichtungen wie Theatergebäude anschließen.⁴¹⁰ Bereits ein Jahr nach der Pariser Ausstellung wird unter der organisatorischen Arbeit durch Oskar von Miller im Münchner Glaspalast eine weitere internationale Elektrizitätsausstellung abgehalten. Dabei wurde »...erstmal die Übertragung elektrischer Energie über eine längere Strecke...«⁴¹¹ vom Walchenseekraftwerk in Miesbach in den Münchner Glaspalast bewältigt. Die absehbare Folge ist die Bemühung, eine flächendeckende Infrastruktur zur Versorgung der Bevölkerung mit elektrischer Energie zu errichten. »In der Kette Erzeugung – Verteilung – Anwendung mußten die Glieder aufeinander abgestimmt werden und untereinander verträglich sein. Um 1890 entspann sich eine heftige Diskussion darüber, welche Stromart, Gleich- oder Wechsel-

⁴⁰⁷ Vgl. ebenda.

⁴⁰⁸ Ebenda, S. 114.

⁴⁰⁹ Ebenda, S. 152.

⁴¹⁰ Vgl. ebenda, S. 153.

⁴¹¹ Wilhelm Ruckdeschel: *Technische Neuerungen im Wandel der Energiegewinnung*, in: Claus Grimm (Hrsg.), *Aufbruch ins Industriezeitalter 1. Linien der Entwicklungsgeschichte* (=Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur 3/85), München 1985, S. 140.

strom, sich besser für die Verteilung und Anwendung elektrischer Energie eigne.«⁴¹² Die Bemühungen um die Anwendungsmöglichkeiten von Drehstrom, einer Überlagerung mehrerer Wechselströme, entstanden also besonders aus den Überlegungen zur Übertragung von Strom. Für die Verwendung von Drehstrom als Antriebsenergie sind die Versuche Nikola Teslas und Galileo Ferraris wegbereitend, auch wenn zunächst noch »...das stark pulsierende Drehfeld, das durch Überlagerung von nur zwei Strömen entstand [Probleme bereitete].«⁴¹³ Mit der Frankfurter Elektrizitätsausstellung von 1891 setzt sich, nicht zuletzt durch die Unterstützung Oskar von Millers, das Dreh- bzw. Wechselstromprinzip nach und nach durch. Zu dieser Gelegenheit wird erstmals Drehstrom über eine Entfernung von 175 km erfolgreich zum Ausstellungsort übertragen.⁴¹⁴ Anhand der Zahl errichteter Elektrizitätswerke sowie der zu Beginn des 20. Jahrhunderts zunehmenden Zahl an das Stromnetz angeschlossener Haushaltsgeräte ist die Erschließung des alltäglichen Lebens durch Elektrizität deutlich ablesbar.

Noch vor der Vollendung der Infrastruktur zur Versorgung einer großen Zahl von Abnehmern mit elektrischer Energie setzt eine Blüte unterschiedlichster Konstruktionen ein. Einige davon werden wegbereitend für das Aufkommen von Innovationen verschiedener elektromechanischer Musikinstrumente. Zunächst jedoch findet sich bereits bei Helmholtz ein Prinzip angewandt, um Schwingungen bestimmter Anzahl in einer Stimmgabel hervorzurufen.⁴¹⁵ Dabei handelt es sich um den sog. Selbstunterbrecher. »Die elektromusikalische Verwendung des Selbstunterbrechers bestand zunächst darin, einerseits Bewegungsvorgänge und Schwingungen mechanischer Klangkörper elektromagnetisch auszulösen und andererseits mechanische Schwingungen, z.B. von Saiten, die verhältnismäßig schnell abklingen, stetig aufrechtzuerhalten.«⁴¹⁶

Diese Konstruktion ist als elektromechanische Klangerzeugung zu verstehen, da der bewegte Mechanismus lediglich eine periodische Schwingung produziert, die über

⁴¹² Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 189.

⁴¹³ Ebenda, S. 204.

⁴¹⁴ Wilhelm Ruckdeschel: *Technische Neuerungen im Wandel der Energiegewinnung*, S. 140.

⁴¹⁵ Vgl. Hermann von Helmholtz: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, S. 186. Helmholtz verwendet die gezeigte Konstruktion zur Erstellung unterbrochener Ströme, um damit eine Stimmgabel in bestimmbar Schwingungen zu versetzen. Vgl. dazu ebenda, S. 184.

⁴¹⁶ Martin Supper/ Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1724 f.

elektrische Mittel in eine hörbare umgewandelt wird.⁴¹⁷ Das seit Faraday bekannte Prinzip der Induktion ermöglicht eine weitere elektromechanische Klangerzeugung, wobei schwingende Körper über Tonabnehmer oder Mikrophone verstärkt werden.⁴¹⁸ Die Induktion eines Stromflusses durch ein sich änderndes Magnetfeld, das ebenfalls durch Stromfluss erzeugt und verändert wird, war besonders für das Feld der Signalübertragung von Bedeutung. Im Laufe des 19. Jahrhunderts entstehen neben der Telegraphie, die Signale in Form einfacher Töne überträgt, die Telefonie, die nun bereits Sprache, also komplexe akustische Ereignisse übertragen kann. Dabei wird als Nebenprodukt der Lautsprecher entwickelt, der sowohl bezüglich der Medien, als auch der Musik breite Anwendung finden sollte.⁴¹⁹ »Telephone earpieces, developed in the late 1870s, constituted the first effective loudspeakers and were used by several inventors of musical instruments [...].«⁴²⁰ Von besonderer Bedeutung für die Erzeugung und Übertragung von elektrischen Schwingungen ist dabei die Entwicklung des Schwingkreises. Durch die Kombination der Induktivität einer Spule und der Kapazität eines Kondensators kann nun durch die stete »...Umsetzung von Energie des elektrischen in die des magnetischen Feldes in wechselnder gegenseitiger Anregung...«⁴²¹ eine gedämpfte, also nach einmaliger Erregung rasch abklingende Schwingung erzeugt werden. Der Schwingkreis imitiert gleichsam den mechanischen Vorgang schwingender Körper, beispielsweise eines frei schwingenden Pendels, auf elektronischer Ebene. Er verdeutlicht besonders, inwiefern Strom nun nicht mehr einfach nur als Energielieferant, als Antrieb eines Mechanismus nutzbar gemacht werden kann, sondern wie mit tiefgreifender Einflussnahme das Verhalten von Elektronen in äußerst präziser Weise kontrollierbar wird. Somit konnte Strom als Substitut mechanischer Schwingungen im Musikinstrumentenbau verwendet werden.⁴²²

Nach dem Schwingkreis erfolgt zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Entwicklung der Elektronenröhre. Zunächst ist sie als Diode oder Glühlampe verbreitet, wodurch

⁴¹⁷ Vgl. hierzu den Abschnitt II.1.2) *Begriffliche Differenzierung der Klangerzeugung*, S. 92–97 in dieser Untersuchung.

⁴¹⁸ Vgl. ebenda.

⁴¹⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.4.2) *Elektrifizierte Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 65–79 in dieser Untersuchung.

⁴²⁰ Hugh Davis: Art. *Electronic instruments*, S. 76.

⁴²¹ Martin Supper/ Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1726.

⁴²² Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 75 ff.

ein periodisch wiederkehrender Auf- und Entladungsprozess erzeugt werden kann, »...was mit der Entstehung einer elektrischen Schwingung gleichbedeutend ist.«⁴²³ Durch die Weiterentwicklung zur Triode durch Lee de Forest in den Vereinigten Staaten, bzw. durch Robert von Lieben in Österreich sowie der abermaligen Weiterentwicklung zum Thyatron, können diese Röhren ihr volles Potenzial zur Schwingungserzeugung und -kontrolle entfalten.⁴²⁴ Dabei wird als Steuerelement zwischen den beiden Polen, der Anode und der Kathode, ein dünnes Metallgitter als dritte Elektrode eingefügt. »Wenn man dieser dritten Elektrode [...] gegenüber der Kathode eine negative Vorspannung gibt, dann kann man hierdurch die Zündspannung bedeutend erhöhen und auf einen verhältnismäßig konstanten Wert festlegen.«⁴²⁵ Ihre Bedeutung liegt in der effektiv einem Ventil vergleichbaren Wirkung auf den Stromfluss, der dadurch nicht nur gerichtet, sondern durch Variation der Zündspannung auch hinsichtlich seiner Stärke beeinflusst werden kann.⁴²⁶ Eine weitere Entwicklung ist die Elektronenröhre, die dem Thyatron sehr ähnelt, sich jedoch durch den Unterschied auszeichnet, dass der Stromfluss ihres Entladungsvorganges allein durch Elektronen geleistet wird und nicht wie beim Thyatron durch eine Mischung aus ionisiertem Gas und Elektronen.⁴²⁷ Lee de Forest gelingt darüber hinaus die Vereinigung mehrerer Funktionen der Röhrentechnik in einer relativ einfach gehaltenen elektrotechnischen Schaltung. Die Elektronenröhre ist »...befähigt[,] elektrische Schwingungen gleichzurichten, zu verstärken und zu erzeugen. Für die Ausübung dieser einzelnen Funktionen sind jedoch nicht jeweils getrennte Röhren unbedingt erforderlich, sondern ein und dieselbe Röhre kann auch all diesen Forderungen gleichzeitig gerecht werden.«⁴²⁸ Mit einer solchen rückgekoppelten Schaltungsvorrichtung ist die Erzeugung von gleichförmigen und steuerbaren Schwingungen möglich. Für diese, als Audion bezeichnete Vorrichtung erhielt de Forest 1915 das Patent US 1.543.990, mit der Bezeichnung *Electrical means for producing musical notes*.⁴²⁹

⁴²³ Ebenda, S. 85.

⁴²⁴ Vgl. ebenda, S. 90.

⁴²⁵ Ebenda, S. 87.

⁴²⁶ Vgl. hierzu auch Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1730.

⁴²⁷ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 89.

⁴²⁸ Ebenda, S. 111 f.

⁴²⁹ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1730. Vgl. ebenso Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 24. In Fußnote 3 ist die Patentnummer und Bezeichnung

Der Stand der Elektrotechnik gibt ab der Einführung der Serienfertigung von Elektronenröhren, beispielsweise durch den Zusammenschluss der Firmen AEG, Telefunken, sowie der Felten und Guillaume Carlswerke AG und Siemens & Halske AG, im Jahre 1911 zum sog. Lieben-Konsortium, wichtige Impulse zur Weiterentwicklung der Signalübertragungstechnik.⁴³⁰ Bereits am Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt sich schließlich das Feld der drahtlosen Signalübertragung, das in der Gründung des öffentlichen Rundfunks, in Deutschland im Jahre 1923, mündet.⁴³¹ Sowohl fertige Bauelemente wie Röhren, aber auch weitere Elemente der Elektrotechnik, wie Kondensatoren, Transformatoren oder Batterien werden von der wachsenden Elektroindustrie bereitgestellt. Die Forschungserkenntnisse schaffen ein breit gefächertes theoretisches Wissen, das kreativ und planvoll angewendet werden kann. So durchdringt die Elektrotechnik nicht nur in Form von neu konzipierten Konstruktionen den Instrumentenbau und eröffnet das Feld elektroakustischer Klangerzeugung.

Exkurs II: Erweiternde Innovation durch Technologietransfer im Orgelbau

Der Einschub eines Exkurses an eben dieser Stelle rechtfertigt sich in zweifacher Hinsicht damit, dass bis zu diesem Punkt einerseits das Modell der Innovation und des Technologietransfers entfaltet wurden. Andererseits konnte ein Überblick über diejenigen Wissenschaften und technologischen Entwicklungen gegeben werden, die für den Fokus der vorliegenden Untersuchung, der Entwicklung elektroakustischer Musikinstrumente, von Bedeutung sein werden. Bevor nun auf die Entwicklung dieser neuen Musikinstrumente, und im dritten Teil dieser Untersuchung speziell auf das Trautonium eingegangen werden soll, sei zunächst der hier eingeleitete Exkurs vorge-

vermerkt, auf S. 320 wird eine deutsche Patentanmeldung DE 478.933 erwähnt. Zu weiteren Erläuterungen über das Audion vgl. den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

⁴³⁰ Vgl. Jork Bretting: *Schrittmacher der Telekommunikation*, in: Erdmann Thiele (Hrsg.), *Telefunken nach 100 Jahren. Das Erbe einer deutschen Weltmarke*, Berlin 2003, S. 132.

⁴³¹ Vgl. hierzu den Abschnitt I.4.2) *Elektrifizierte Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 65–79 in dieser Untersuchung.

nommen. Dabei können Innovationen durch den Aspekt des Technologietransfers nicht nur anhand eines herkömmlichen Instruments exemplarisch dargestellt werden. Die Orgel ist ein Beispiel für die Möglichkeit zur Hervorbringung unterschiedlicher Klangfarben durch ein und dasselbe Instrument. Bedenkt man das gesteigerte Interesse des 19. Jahrhunderts an dem Aspekt der Klangfarbe, so erscheint die Wandlung dieses Instruments in eben diesem Zeitraum als wenig verwunderlich. Der Orgelbau erfuhr zahlreiche Innovationen, bewerkstelligt von einer Reihe bedeutender Orgelbaumeister. »All diesen Orgelbauern ist gemeinsam, dass sie sich einerseits Neuerungen gegenüber aufgeschlossen zeigten, also die Weiterentwicklung des Orgelbaus in Gang hielten, andererseits aber die Verbindung mit der Tradition nie aufgaben und so vor fragwürdigen Experimenten bewahrt blieben.«⁴³² Rein äußerlich kann an den Instrumenten bereits die zunehmende Größe ihrer gesamten Anlage festgestellt werden. Die Anzahl der Register wurde, bei entsprechend finanziellen Möglichkeiten gegenüber früheren Konstruktionen vergrößert. Damit sollte durchaus der Anspruch erhoben werden, dem sich neu etablierenden Klanggeschmack eine Entsprechung durch die Orgel gegenüber zu stellen.⁴³³ Hinsichtlich der Imitation unterschiedlicher Klangfarben bzw. Instrumente, ist die Orgel als Archetyp zu betrachten.

»Die in normaler (äqualer) Tonlage erklingenden Register wurden zahlenmäßig sehr verstärkt, wobei versucht wurde, das Instrumentarium des damals modernen (und älteren) Orchesters nachzuahmen mit Registern wie Viola da gamba, Englischhorn, Klarinette, Wienerflöte. Genau so hatte ja auch die Orgel des 16./17. Jahrhunderts versucht, mit damals neuen Pfeifenformen die Blasinstrumente des Renaissanceinstrumentariums nachzuahmen: Gemshorn, Krummhorn, Flageolet, Sordun, Rankett. [...] Das ›Werkprinzip‹, das heisst das historisch gewordene Zusammenbauen verschiedener selbständiger Orgelwerke mit einem festumrissenen Aufbau und Charakter zu einer grossen Orgel, wobei jede Klaviatur einem dieseer in sich geschlossenen Werke zugeordnet war, hatte seine Bedeutung allmählich verloren und machte einem neuen Ordnungsprinzip nach Stärken (›dynamischen Prinzip‹) Platz.«⁴³⁴

⁴³² Vgl. Alfred Reichling: *Orgel*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 272.

⁴³³ Vgl. Jürgen Meyer/Uwe Pape u.a.: Art. *Orgel*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 7, Kassel u.a. 1997, Sp. 922.

⁴³⁴ Friedrich Jakob: *Die Orgel. Orgelbau und Orgelspiel von der Antike bis zur Gegenwart* (= Unsere Musikinstrumente 1), Bern ⁵1981, S. 53.

Diese neuen Orgeln wurden mithilfe zahlreicher Innovationen konstruiert, die als erweiternde und variierende Konstruktionen nicht allein die Handhabung, sondern auch die vielfältige Gestaltung durch Klangfarben der stetig sich vergrößernden Instrumente ermöglichten.⁴³⁵ Indem der Bau selbst in den Händen spezialisierter Instrumentenbauer lag, konnten sie stets auf die Traditionen ihres Handwerks zurückgreifen. Die Konzeptionen neuer Instrumente erfolgten daher eng geknüpft an bereits bekannte Vorgehensweisen. Selbst neue Klangfarben wurden durch Rückgriff auf die bereits bekannten Prinzipien der Klangerzeugung unterschiedlicher Pfeifenformen – labial oder lingual, gedackt oder offen – realisiert. Besonders deutlich werden die Aspekte der Innovation im Sinne von Erweiterungen allerdings in der Einführung dynamischer Gestaltungsmöglichkeiten, beispielsweise des Registercrescendos, was durch eine Erweiterung der Windanlage mit dem Schwellkasten vollzogen wurde.⁴³⁶ Doch die Vergrößerung der Gesamtanzahl der Pfeifen verlangte auch nach einer vergrößerten Windleistung, wodurch eine vollstimmige Klangentfaltung überhaupt erst ermöglicht werden konnte. So war es auch die Balganlage, die Innovationen erfuhr, wobei ein Transfer neuartiger Technologien in die Konstruktion erfolgte. Zunächst wurde, ähnlich wie bei mechanischen Musikinstrumenten, die Kraft des Menschen, bezüglich der Orgel die der Kalkanten, durch neue Formen des Antriebs ersetzt. Eine Vorform der tatsächlichen Motorisierung wurde erstmals von dem Schweizer Friedrich Haas für das Kloster Muri in Form eines Schwungrades angewendet.⁴³⁷

»Im 19. Jahrhundert halfen grosse Schwunräder die Schöpfer für die mächtigen Doppelfaltenbälge treiben, doch waren letztendlich noch immer die Muskeln des Kalkanten einzige Quelle der Arbeitskraft. Erst gegen Ende des Jahrhunderts begann die Motorkraft den treuen Diener des Organisten überflüssig zu machen. Vor dem allgemeinen Siegeszug des Elektromotors zum Antrieb des modernen Schleudergebläses wurden verschiedenartigste Motortypen benutzt, wie kalorische Maschinen und Gasturbinen.«⁴³⁸

Das erstmals im Orgelbau angewendete technische Prinzip des Schwungrades zur Unterstützung der Muskelkraft wurde dabei durch den Orgelbaumeister selbst in die

⁴³⁵ Vgl. Helga Schauerte-Maubouet/Michael Zywiets: Art. *Orgelmusik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 7, Kassel u.a. 1997, Sp. 1081.

⁴³⁶ Vgl. ebenda.

⁴³⁷ Peter Reichert: *Orgelbau. Kunst und Technik*, Wilhelmshafen 1995, S. 73.

⁴³⁸ Friedrich Jakob: *Die Orgel. Orgelbau und Orgelspiel von der Antike bis zur Gegenwart*, S. 74.

Konzeption der Balganlage integriert, womit er diese in baulicher Hinsicht erweiterte. Die nachfolgenden Anwendungen unterschiedlicher Antriebsarten des Windsystems wären wiederum als Innovation im Sinne einer Variation des Prinzips der Motorisierung von Balganlagen zu betrachten. Sofern das Prinzip einer funktionierenden Motorisierung, beispielsweise durch entsprechende Anzeigen in Fachzeitschriften, Verbreitung fände und in der Folge von weiteren Orgelbaumeistern rezipiert und in deren Instrumentalbauten nachgeahmt würde, müsste auch diese Leistung als Innovation im Sinne einer Variation gewertet werden. Würde eine Nachahmung nicht in Form einer Kopie der Vorrichtung, sondern als Übernahme des Prinzips, jedoch durch individuelle und hinsichtlich ihrer baulichen und technischen Realisierung als neuartige Umsetzung zu bewerten sein, entspräche dies wiederum als Beispiel einer Innovation im Sinne von Erweiterung. Verbleibt man bei der Perspektive der Geschichte des Orgelbaus, kann die Einführung eines elektrisch betriebenen Motors als Ersatz für das Schwungrad, demnach als Innovation im Sinne einer Erweiterung des Prinzips der Kraftsubstitution aufgefasst werden. Ein zusätzliches Argument für den erweiternden Charakter der Innovation ist die Tatsache, dass eine Motorisierung der Balganlage auch nachträglich an bestehenden Orgeln ausgeführt werden konnte. So kann Wilhelm Widmann feststellen, dass die Elektrizität in der Balganlage »...eine große Rolle [spielt], und zwar seit einigen Jahren, seitdem nämlich die Elektrizität Gemeingut sogar kleiner Dörfer ohne Industrie geworden ist, auch in kleinen Orgeln, bei denen noch vor 20 Jahren niemand an maschinellen Gebläseantrieb gedacht hätte [...]«. ⁴³⁹

Ändert man jedoch die Perspektive hin zur Betrachtung des Technologietransfers, wie beispielsweise des Eindringens von elektrifizierten Vorrichtungen in den Instrumentenbau, so wäre die Einführung des Elektromotors als Moment der Innovation in Form einer Transferleistung zu betrachten. Somit wird am Beispiel der Orgel deutlich, dass der Technologietransfer stets eng, wenngleich nicht zwingend, verknüpft ist mit der erstmaligen Einführung neuer, mithilfe von technologischen Vorrichtungen umgesetzter, Funktionsprinzipien am Instrument.

Aus heutiger Perspektive sind jedoch die Pneumatisierung und Elektrifizierung der Orgeltraktur wesentlich offensichtlichere Beispiele des Eindringens neuer Technolo-

⁴³⁹ Wilhelm Widmann: *Die Orgel*, München 1923, S. 96.

gien in den Orgelbau des 19. Jahrhunderts. Auch diese Neuerungen können als Kraftsubstitution aufgefasst werden, indem nun die vom Interpreten aufzuwendende Kraft zur Betätigung der Traktur nach und nach, zuerst durch pneumatische, später besonders durch elektrische Vorrichtungen, zu einem Teil ersetzt wurde.

»Bis zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die mechanische Übertragung das einzig bekannte System. Der Grund für das Suchen der Orgelbauer nach einer anderen Lösung liegt in der bei zunehmender Größe der Orgeln und zunehmendem Winddruck immer schwereren Spielbarkeit der Traktur. [...] Zur Erleichterung der Spielbarkeit erfand der Engländer Charles Barker im Jahr 1832 seinen pneumatischen Hebel. Bei dieser Vorrichtung ist die Traktur zwar mechanisch, aber unterbrochen, indem nicht die Fingerkraft des Organisten das Spielventil öffnet. Dies besorgt ein Spielbalg in einer Spielwindlade. Bei gedrückter Taste füllt sich der Spielbalg und zieht an der Traktur.«⁴⁴⁰

Durch die Einführung eines zweiten Windsystems konnte die bis dahin vollständig mechanische und durch den Interpreten direkt aktivierte Traktur hinsichtlich baulicher Details erweitert werden um das Spiel zu erleichtern. Das zweite Windsystem übernahm mit dem Barker-Hebel einen Teil der mechanischen Kraft zur Betätigung der Traktur. Indem das Windsystem im Orgelbau bereits bekannt war, stellt die Entwicklung Barkers zunächst eine Transferleistung in eine andere Funktionsebene des Instrumentes dar. Sie bestand nicht darin, eine Fachfremde Technologie in das Handwerk zu inkorporieren, sondern die Technologie zur Tönhervorbringung auf die Konstruktion der Traktur zur Optimierung des Spiels zu beziehen. Insofern stellt der Barker-Hebel eine Innovation dar, die sich vollständig innerhalb des Wissens und der Fertigkeiten des Orgelbauhandwerks vollzog. Erweiterungen bzw. Variationen des Barker-Hebels führten im weiteren Verlauf des 19. Jahrhunderts zu einer zunehmend von pneumatischen Vorrichtungen durchdrungenen Orgeltraktur. »Gegen das Jahrhundertende gerieten die Orgelbauer in einen wahren Erfindungstaumel – jeder angesehene Meister entwickelte sein eigenes pneumatisches System und war stolz auf die Urkunden des Patentamtes.«⁴⁴¹

Der nächste und hinsichtlich der vorliegenden Untersuchung von größerem Interesse erscheinende Schritt war derjenige zur Elektrifizierung der Vorgänge innerhalb einer

⁴⁴⁰ Peter Reichert: *Orgelbau. Kunst und Technik*, S. 131.

⁴⁴¹ Friedrich Jakob: *Die Orgel. Orgelbau und Orgelspiel von der Antike bis zur Gegenwart*, S. 54.

Orgeltraktur. Das schließt die Verwendung pneumatischer Vorrichtungen wiederum nicht aus, im Gegenteil. In einem ersten Bericht aus dem sechsten Jahrgang der Zeitschrift für Instrumentenbau wird eine erfolgreiche Elektrifizierung der Traktur und Pneumatik erläutert. Dabei handelt es sich um die Instrumente, die in Lyon im Grand Temple und in St. Nizier eingerichtet wurden.⁴⁴²

»Der Gedanke an die Möglichkeit, die Mechanik der Orgel durch elektrische Leitungsdrähte zu ersetzen, gewann erst festen Fuss, nachdem Barker den pneumatischen Hebel erfunden hatte. [...] Nach zahlreichen Versuchen gelangten die Herren Schmoele & Mols aus Philadelphia zu einem Resultat, das die kühnsten Erwartungen übertrifft. Sie construierten eine sog. elektro-pneumatische Bewegung und boten diese dem tüchtigen Orgelbaumeister S. [sic] Merklin in Paris und Lyon zur Ansicht an [...]. Nicht lange nachher stand das erste elektrische Werk fertig und zwar im Temple in Lyon, wo es seit zwei Jahren mit so grosser Präcision und Sicherheit fungirt, dass man darin nicht die erste Anwendung eines neuen Systems vermuten sollte. Diesem Werke folgte bald ein complicierteres in St. Nizier in Lyon, welches das grösste Aufsehen erregte.«⁴⁴³

Stahlhut lässt eine ausführliche Aufzählung der ›Vorzüge der elektrischen Orgel‹ folgen, wobei durch die Verwendung elektrischer Leitungskabel einerseits der bzw. die Spieltische platziert werden konnten, wo es sinnvoll erschien, andererseits eine Aufteilung der verschiedenen Werke über den gesamten Kirchenraum ermöglicht wurde. Durch Verwendung von Elektromagneten zur Betätigung der Ventile konnte eine größere Präzision des Ansprechens der Töne während des Spiels erreicht werden. Der nötige Tastendruck hingegen wurde nicht mehr durch die Größe der Traktur und die Koppelung von Registern erschwert. Ebenso konnten Registerzüge durch Registerknöpfe ersetzt und die Registrierung vielseitiger gestaltbar gemacht werden. Als Stromlieferanten genügten Batterien, die bezüglich ihrer Anschaffungs- und Wartungskosten vergleichsweise günstig waren, wie auch die elektrischen Leitungen gegenüber der mechanischen Traktur.⁴⁴⁴ Ein weiterer Vorzug war die raschere und zuverlässigere Übertragungsgeschwindigkeit bei großen Entfernungen durch die Elekt-

⁴⁴² Die Erwähnung der Einweihung findet sich im Septemberheft von 1884. Vgl. Rubrik ›Orgelbau-Nachrichten‹, Anonym: *Die Elektrizität in ihrer Anwendung auf Kirchenorgeln*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 35/IV (1884), S. 442. Ein halbes Jahr später findet sich in der gleichen Rubrik ein Bericht über den erfolgreichen Nachbau des Systems Schmoele und Mols durch die Firma Welte&Söhne. Vgl. *Zeitschrift für Instrumentenbau* 17/V (1885), S. 214.

⁴⁴³ Rubrik ›Orgelbau-Nachrichten‹, E. Stahlhut: *Über die Verwendung der Electricität auf dem Gebiete der Orgelbaukunst*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 31/VI (1886), S. 449.

⁴⁴⁴ Vgl. ebenda.

rizität im Vergleich zu Pneumatik.⁴⁴⁵ Durch die Verwendung elektromagnetischer Vorrichtungen und elektrischer Leitungen wurden dem Orgelbau und dem Instrument, bzw. dem Interpreten neue musikalische Dimensionen eröffnet.

»Waren alle oben angeführten Einrichtungen, welche der Orgel eine grosse Vollkommenheit verleihen, entweder garnicht oder nur durch Anbringen eines ungeheuer complizierten Mechanismus möglich, so bleibt im elektrischen System blos der Contact der betreffenden Leitungsdrähte herzustellen, so dass bei vorsichtiger und möglichst delikater Arbeit alle Schwierigkeiten und Unsicherheiten in Wegfall kommen, welche eine grosse Mechanik mit sich bringt.«⁴⁴⁶

Die Potenziale des Elektromagnetismus waren durch die Forschungen Ørstedts bekannt geworden. Deren Anwendung ermöglichte Volta durch die Entwicklung von Vorläufern der Batterie, dem Stromspeicher. Der Schritt von der pneumatischen zur elektrifizierten Traktur stellt einen abermaligen Technologietransfer dar, indem eine neue technologische Form, der Elektromagnetismus, die mechanischen Teile der Traktur an den Ventilen ersetzt. Ihre Einbeziehung in den Orgelbau eröffnete dem Orgelbaumeister bezüglich der Gesamtkonzeption des Instruments neue und komplexere Möglichkeiten indem sie als erweiternde Innovation bezüglich der Traktur-Konstruktion. Die Technologie des Elektromagnetismus wurde auf diese Weise in die Konzeption einer Orgel mit einbezogen. Allerdings importierte der französische Orgelbaumeister Joseph Merklin diese Technologie aus den Vereinigten Staaten, inwiefern es sich also bei den obigen Beispielen auch um die erstmalige Anwendung dieser Technologie im Orgelbau handelt, kann an dieser Stelle nicht endgültig festgestellt werden. Die eigentliche Transferleistung wurde, soweit feststellbar, durch die Konstrukteure Schmoele und Mols in den Vereinigten Staaten geleistet.

Am Beispiel der Orgel, einem komplexen herkömmlichen Musikinstrument, kann aufgezeigt werden, auf welche unterschiedlichen Arten sich Technologietransfer im Instrumentenbau vollziehen kann. Dabei wird an der vielschichtigen Konstruktion der Orgel ebenfalls deutlich, dass Innovation durch Technologietransfer zusätzlich charakterisiert werden kann und sich nicht allein auf mechanische Musikinstrumentenkonstruktionen beschränken muss. Das Moment der Erleichterung der menschlichen

⁴⁴⁵ Vgl. Wilhelm Widmann: *Die Orgel*, S. 97.

⁴⁴⁶ Ebenda.

Kraftaufwendung zeigt in diesem Beispiel den ideellen Hintergrund und die Anwendungsform von Technologien im Instrumentenbau.

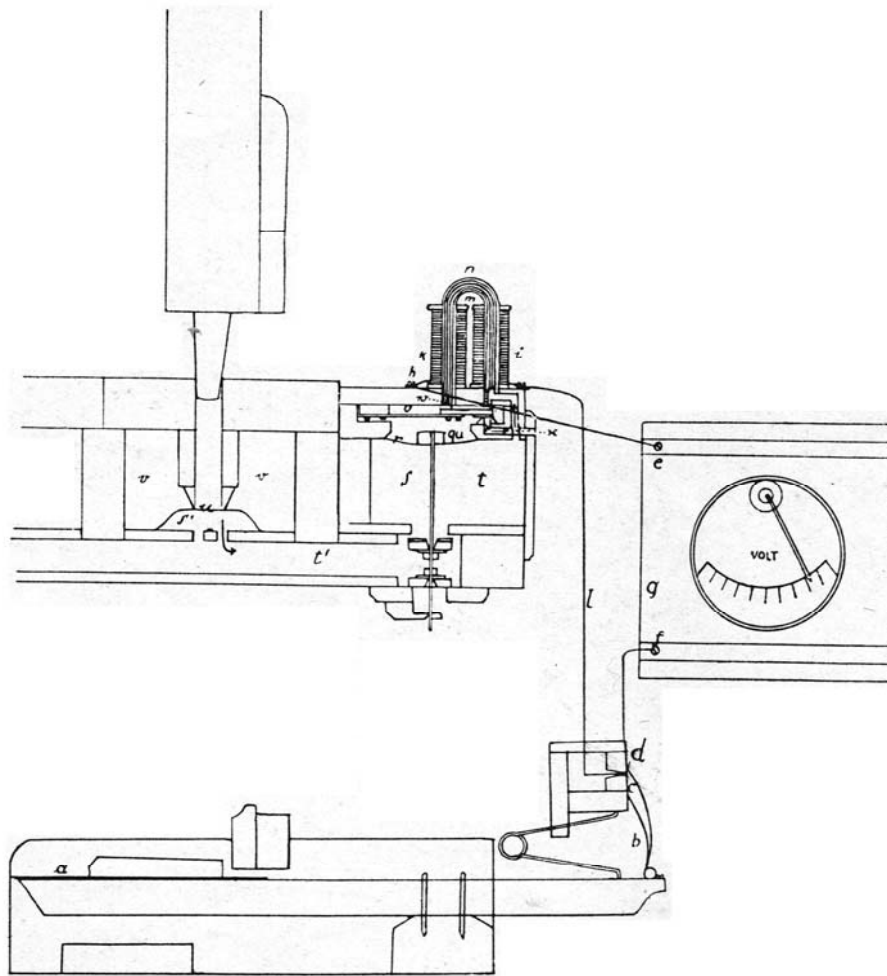


Abb. II-3: Skizze der elektropneumatischen Traktur mit hängendem Magnet nach Heinrich Koulen, Tafel 17 aus Wilhelm Widmanns *Die Orgel*. Bei Tastendruck schließt die Metallfeder b an den Kontakten c und d den Stromkreis durch die Spulen i und k, womit der Hufeisenkern n magnetisiert wird und das Ventil s öffnet und den Luftstrom aus der Kondukte t in die Pfeife ermöglicht.

Abbildung aus Wilhelm Widmann *Die Orgel*.

- a = Taste
- b = elektrisch leitende Metallfeder
- c, d = elektrische Kontakte
- e, f = + und - Pol
- g = Stromquelle
- h = Klemmschraube
- i, k = Spulen
- l = Leitungsdraht
- n = Hufeisenkern
- s = Doppelventil
- t = Kondukte

3) Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung

Wie die eingangs dieses Abschnittes erläuterten und auch im oben stehenden Exkurs genannten Beispiele verdeutlichen, hielten Fachfremde Technologien und Wissenschaften im Laufe des 19. Jahrhunderts zunehmend Einzug in den Musikinstrumentenbau. Indem sich musikalische oder allgemein akustische Ereignisse dem menschlichen Wahrnehmungsapparat durch Schwingungen der Luft übermitteln, suchte man mehr oder weniger gezielt nach Möglichkeiten, solche Schwingungen mit elektrischen, später dann mit elektronischen Mitteln zu steuern und schließlich direkt zu erzeugen. Die Orgel diente oben als exemplarisches Beispiel für den Einzug der Elektrizität und Elektrotechnik in Form von erweiternden Innovationen ab dem letzten Viertel desselben Jahrhunderts. Damit ist sie, neben den mechanischen Musikinstrumenten ein Beispiel für die steuernde Funktion, die der neuen Technologie zugewiesen wurde. Das Spiel, die Interaktion zwischen Interpret und Instrument wird mit Hilfe der Elektrizität hinsichtlich der Kraftaufwendung vereinfacht. Erfüllt die Elektrizität in ihrer Anwendung bei mechanischen Musikinstrumenten eine vielfältigere Substitutionsaufgabe, so übernimmt sie bei der Orgel einen geringeren Anteil, beispielsweise der durch den Interpreten zu leistenden Kraft bezüglich der Betätigung der Traktur sowie der Registerzüge. Die wesentliche Charakteristik von Musikinstrumenten als Konstruktionen zur intentionalen Erzeugung von Tönen und Klängen, wurde bis zu diesem Punkte höchstens indirekt durch technologische Vorrichtungen, durch Bereitstellung von Energie bzw. Kraft, geleistet. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie mit Hilfe der Elektrotechnik der Schritt hin zur Klangmanipulation und Tonerzeugung vollzogen wurde, wenngleich damit nicht zwangsweise auch der Schritt zur Verfertigung von Musikinstrumenten gemacht sein musste.

In den einschlägigen Publikationen über elektroakustische Musikinstrumente finden sich häufig zwei Beispiele, die gleichsam als »prähistorische« Urahnen dieser Art der Klangerzeugung dargestellt werden. Dabei handelt es sich um das Denis d'or des böhmischen Priesters Prokop Divis, das ab 1730 entwickelt worden sein soll sowie das Clavecin électrique des Jesuitenpaters Jean Baptiste Delaborde (de la Borde), das

er 1759 erbaute.⁴⁴⁷ Nach den Ausführungen Peer Sitters, darf jedoch das Denis d'or als ein Beispiel fehlerhafter Überlieferung durch missverständliche Darstellungen gelten. Das Clavecin électrique wiederum scheint somit wohl das erste Instrument gewesen zu sein, das Elektrostatik in Form einer »... indirekte[n] Beeinflussung durch ein Anschlagen der Saiten mit Gegenständen [anwendete], die durch elektrostatische Kräfte in Bewegung gesetzt wurden.«⁴⁴⁸ Die neue Technologie fand dabei Anwendung, um mechanische Bewegungen auszulösen, die wiederum den eigentlichen Klang hervorbrachten. Lediglich der Mechanismus zur Klangerzeugung ist somit bei diesem Instrument, wie auch in den oben genannten Beispielen der mechanischen Musikinstrumente und der Orgel, von Elektrizität bzw. Elektromagnetismus ausgelöst. Etwa ab den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts ist die Tendenz erkennbar, Elektrizität und Elektrotechnik nicht nur auf vielfältige Weise mit herkömmlicher Klangerzeugung zu verknüpfen, oder Stromfluss als Energiequelle zu deren Steuerung heranzuziehen. Es beginnen darüber hinaus auch Versuche, elektronische in hörbare Schwingungen umzuwandeln, womit nach und nach das Potenzial erschlossen wird, herkömmliche Klangerzeuger durch elektrotechnische Vorrichtungen in entsprechenden Instrumentenkonstruktionen substituieren zu können.

In eben dem Jahrgang der *Zeitschrift für Instrumentenbau*, in dem Stahlhut von der erfolgreichen Realisierung der elektrischen Orgeltraktur berichtete⁴⁴⁹, findet sich die Erläuterung über eine neue Anwendungsform von Elektrotechnik innerhalb eines Musikinstrumentes.

»Durch den Druck auf Tasten wird eine Batterie mit den zugehörigen Selbstunterbrechern verbunden, welche mittelst abgestimmter Federn den Strom so oft unterbrechen, dass die erzeugten Stromwellen den Schwingungszahlen der betreffenden Töne entsprechen. Diese Stromwellen werden durch Elektromagnete E geleitet, welche dadurch als Anker dienende Membrane A in Schwingung versetzen. Durch Befestigung der Elektromagnete auf einem Resonanzboden B₁ und der Membrane auf einem zweiten Resonanzboden B₂ werden die Schwingungen auf diese Übertragen.«⁴⁵⁰

⁴⁴⁷ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1724.

⁴⁴⁸ Vgl. Peer Sitter: *Das Denis d'or: Urahn der elektroakustischen Musikinstrumente?*, S. 304 f.

⁴⁴⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Exkurs II: Erweiternde Innovation durch Technologietransfer im Orgelbau des ausgehenden 19. Jahrhunderts*, S. 163–170 in dieser Untersuchung.

⁴⁵⁰ Rubrik ›Illustrirte Patent-Uebersicht‹, Anonym: *Elektrisches Musikinstrument von Ernst Lorenz in Frankfurt a.M. No. 33507 vom 12. März 1885*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 11/VI (1886), S. 139.

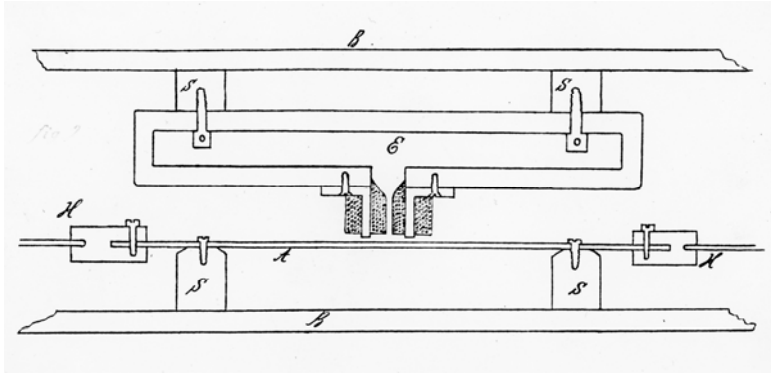


Abb. II-4: Skizze aus dem Patent von Ernst Lorenz, Nr. 33507. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums Berlin, SIM PK. Re4 JE 15.

Durch die Synchronisation von Elektromagneten mit den Frequenzen gewünschter Tonhöhen können diese Frequenzen auf einen Körper, die Membran, übertragen werden, der diese wiederum, im vorliegenden Falle durch Befestigung auf einem Resonanzboden, in wahrnehmbare Klänge umwandelt. Diese Beschreibung belegt eine frühe Anwendung des Elektromagnetismus zur Klangerzeugung, genauer gesagt, zur Kontrolle eines klangerzeugenden Körpers und weist große Nähe zu der Funktionsweise eines Lautsprechers auf.⁴⁵¹ Sie zeigt einen Transfer zweier elektrotechnischer Funktionsweisen, der des Elektromagnetismus zur Aufrechterhaltung der Saitenschwingung und der des Selbstunterbrechers zur Abstimmung der magnetischen Wirkung mit dem Schwingungsverhalten der Saite. Erst durch ihre Kombination entwickeln beide Funktionsweisen das Potenzial zur Erweiterung der klanglichen Möglichkeiten, beispielsweise von Klavieren.

Bei dieser Vorrichtung wird die elektronische Hilfsvorrichtung des Selbstunterbrechers erwähnt, die einen wesentlichen Schritt zur weiteren Anwendung von Stromfluss als tatsächlichen Klangerzeuger verkörpert. »Die elektromusikalische Verwendung des Selbstunterbrechers bestand zunächst darin, einerseits Bewegungsvorgänge und Schwingungen mechanischer Klangkörper elektromagnetisch auszulösen und andererseits mechanische Schwingungen, z.B. von Saiten, die verhältnismäßig schnell abklingen, stetig aufrechtzuerhalten.«⁴⁵² Strom bzw. Stromfluss wird nun nicht mehr allein als Kraftübertragung in mechanischen Bauelementen angewendet, sondern zunächst über die Form des Elektromagnetismus bereits direkt zur Schwingungsauslösung oder aber zur Schwingungsmanipulation eingesetzt. Der Anwendungsbereich erweitert sich damit ebenfalls, wie bereits angedeutet, hin zu der zukunftssträchtigen

⁴⁵¹ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1725.

⁴⁵² Ebenda, Sp. 1724 f.

Realisierung von Lautsprechern sowie zu den elektromagnetisch beeinflussten Dauertonklavieren. Diese können als Innovationen im Sinne von Erweiterungen herkömmlicher Klaviere mithilfe eines Technologietransfers beschrieben werden, der chronologisch nach der Vorrichtung von Lorenz stattfand. »Die Klanganlage ist meist wie beim ›normalen‹ Klavier ausgebildet, die Tonmanipulation erfolgt durch elektrische Additive. Die allen Konstruktionen gemeinsame Idee war, mittels eines durch unterschiedliche Methoden erzeugten Wechselstroms die Saiten über Elektromagnete andauernd zu erregen oder zumindest zu entdämpfen.«⁴⁵³ Diese neuartige Form von Klavieren, deren Klänge prinzipiell endlos weiterklingen können, bereitet wiederum den Weg für eine weitere Art der Klanghervorbringung, vielmehr der Klangumwandlung. Zwar werden weiterhin herkömmliche Saiten in Schwingung versetzt, deren Klänge jedoch nicht direkt hörbar gemacht. Vielmehr werden, wie am Beispiel des Dauertonklaviers von Richard Eisenmann oder des Neo-Bechstein-Flügels exemplarisch ablesbar, die Schwingungen elektromagnetisch abgenommen und über Lautsprecher wiedergegeben.⁴⁵⁴

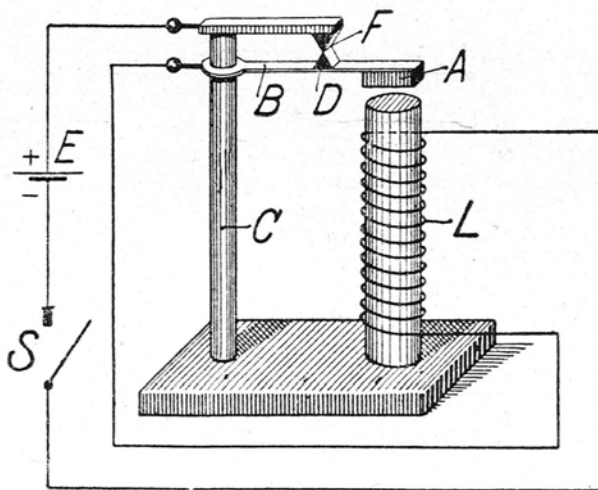


Abb. II-5: Schaltskizze eines Selbstunterbrechers. Über einer Spule L ist der Anker A angebracht, der an einer Feder B hängt. Der auf der leitenden Feder befindliche Kontakt D berührt Kontakt F. Die Batterie E kann über den Schalter S die Spule mit Strom versorgen, wodurch deren Eisenkern magnetisiert wird und den Anker anzieht. Dadurch wird der Kontakt von D und F aufgehoben und der Stromkreis durch die Spule wieder unterbrochen. Der Anker geht wieder zurück, D und F berühren sich wieder und Stromfluss kann erneut erfolgen. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 29.

Eine ähnliche Anwendung von Elektrizität, wiederum unter Zuhilfenahme der Funktionsweise eines elektrischen Selbstunterbrechers, war bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Übertragung von Schwingungen, respektive Klänge, unter-

⁴⁵³ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 17.

⁴⁵⁴ Vgl. ebenda, S. 86. Vgl. auch Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1718.

schiedlicher Tonhöhen über Telegrafen- bzw. Telefonleitungen. Als einer der Gründe kann dafür gelten, dass die bis dahin einzige bekannte Form der Umwandlung elektronischer Schwingungen in hörbare Klänge durch den Telefonhörer geleistet werden konnte. »In the mid-1870s Elisha Gray took up wire transmission of musical tones [...]. His earliest pursuit was multiplex telegraphy, meant to convey simultaneous frequencies. He set aside this goal to engage in the presentation of public musical concert entertainments by wire.«⁴⁵⁵ Unter Verwendung von Metallzungen, konnte Gray mit seinem sogenannten musical telegraph unterschiedliche Wechselstromfrequenzen induzieren, womit wiederum unterschiedliche Tonhöhen im Telefon- bzw. Kopfhörer wiedergegeben wurden.⁴⁵⁶ Auch hier wird noch eine mechanische, nicht wahrnehmbare Schwingung durch Induktion zur Klangerzeugung verwendet.

Eine wesentlich unterschiedliche und sich weiter von der Klangerzeugung durch schwingende Körper entfernende Anwendungsform von Stromfluss bzw. Elektrotechnik, stellt die Erzeugung hörbarer Schwingungen mit Hilfe elektronischer Schwingkreise dar. Die erste Erzeugung hörbarer Töne durch eine Schwingkreis-Vorrichtung gelang 1899 dem englischen Physiker William Duddell.⁴⁵⁷ Sein singender Lichtbogen, im Englischen als singing arc bezeichnet, besteht aus einem elektrischen Schwingkreis, der parallel zu einer Lichtbogenlampe geschaltet ist. Die Bogenlampe erzeugt ihr Licht durch permanent zwischen den Polen überspringende elektrische Ladung in Form von Funken, deren Frequenz so groß ist, dass sie vom menschlichen Auge als ununterbrochenes Leuchten wahrgenommen wird.⁴⁵⁸ Wie bereits aus der damalige Straßenbeleuchtung bekannt war, betrieb Duddell seine Lampen mit einer Gleichstromquelle. Deren Energie wird über Drosselspulen in einen Schwingkreis eingespeist, was zur Folge hatte, »...daß die Flamme des Lichtbogens selbst in Schwingungen gerät, welche die gleiche Frequenz besitzen, wie der durchgehende Wechselstrom. Durch die Schwingungen der Flamme [...] wird dann die umgebende Luft zu Schallwellen der gleichen Frequenz angeregt, die durch das Ohr als musikalischer Ton empfunden wird.«⁴⁵⁹ Der singende Lichtbogen verwendet einerseits erst-

⁴⁵⁵ Reynold Weidenaar: *Magic Music from the telharmonium*, S. 2.

⁴⁵⁶ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1727.

⁴⁵⁷ Vgl. ebenda, Sp. 1728.

⁴⁵⁸ Vgl. Helmut Lindner: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität*, S. 74.

⁴⁵⁹ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 78.

mals die elektrotechnische Vorrichtung eines Schwingkreises zur Erzeugung eines richtungswechselnden Stromflusses und somit einer tonhöhenbestimmenden Grundschwingung. Andererseits jedoch wird der eigentliche Ton, bzw. Klang nicht über Lautsprecher hörbar gemacht. Die Schwingungen der Flamme werden direkt an die umgebende Luft übertragen, wobei das Plasma der Flamme den schwingenden Körper darstellt. Dieses spezielle Phänomen der Klangerzeugung erfuhr keinerlei Weiterführung bezüglich damit arbeitender Musikinstrumente.

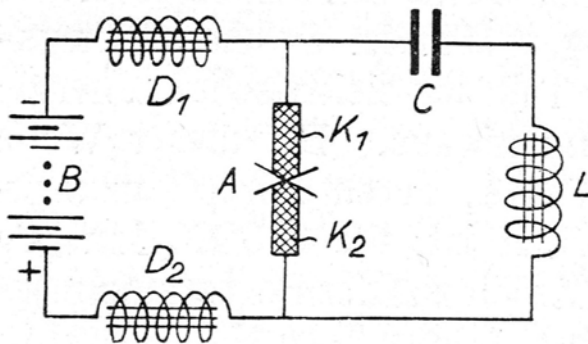


Abb. II-6: Schaltskizze des singenden Lichtbogens. Über eine Gleichstromquelle B wird die Lichtbogenlampe A mit ihren zwei Kohlen K gespeist. Die Drosselspulen D isolieren die Batterie von den Vorgängen im Schwingkreis A, C, L. Wird A gezündet und durch Trennung der Kohlen K zum Brennen gebracht, entsteht eine Stromschwingung in A, C, L mit einer bestimmten Frequenz.

Abbildung aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

Erst mit der Entwicklung der Elektronenröhre wird das Potenzial geschaffen, mit kontrollierten Bewegungsabläufen von Elektronen, also präzise gesteuertem Stromfluss in Schwingkreisen, elektronische Schwingungen zu erzeugen und diese in hörbare Klänge um zu wandeln. Indem eine Elektronenröhre in einen Schwingkreis integriert wird, kann mit Hilfe ihrer Steuerwirkung der Schwingkreis entdämpft werden. Ein solches System ermöglicht die genaue Kontrolle, die Veränderung sowie auch die konstante Aufrechterhaltung einer Schwingungsfrequenz und wurde von Lee de Forest als Audion-Klavier, einer Konstruktion zur einfachen Tonhöhenhervorbringung, patentiert.⁴⁶⁰ Er transferiert damit erstmals das Wissen um die Erzeugung von Schwingungen mit Röhrenschaltungen auf die Konstruktion von Musikinstrumenten und eröffnet eine neue technologische Ebene. Aus der Perspektive der musikalischen Möglichkeiten betrachtet, scheint das Audion, soweit es heute noch nachvollziehbar ist, die gleichen Eigenschaften gehabt zu haben, wie Grays musical telegraph. Aus der technologischen Perspektive betrachtet, generiert es die Schallwellen allerdings mit Hilfe von Röhrentechnik und nicht, wie der musical telegraph mit Induktion. Mit

⁴⁶⁰ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1730.

dem Audion de Forests war erstmals, sieht man vom singenden Lichtbogen Duddells ab, keine mechanische Schwingung zur Hervorbringung hörbarer Klänge mehr nötig und die rein elektronische Klangerzeugung ermöglicht.

Über den Verlauf der letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts wird Strom lediglich als Energielieferant, beispielsweise zur Erleichterung des menschlichen Kraftaufwandes bei der Orgel, oder als dessen vollständiger Ersatz beispielsweise für den Antrieb mechanischer Musikinstrumente angewendet. Durch Elektromagnetismus und Induktion wird das Potenzial der Umwandlung für Tonabnehmer geschaffen, die sowohl Schwingungen metallener Körper, als auch, in Form von Mikrofonen, Schwingungen aus der Luft aufnehmen und in elektrische Energie wandeln können. Dies ermöglichte, wenn auch zeitlich verzögert, das Prinzip des Lautsprechers zu realisieren, das aus funktioneller Perspektive im Grunde eine Umkehrung der Tonabnehmer darstellt. Rein elektronische Klangerzeugung, zu der lediglich die in einem Schwingkreis sich vollziehende Bewegung von Elektronen nötig ist, kann erst durch eine Verfeinerung der Elektronensteuerung realisiert werden. Der singende Lichtbogen kann als Bindeglied zwischen mechanisch schwingenden Körpern und voll elektronischen Schwingungen, die über Lautsprecher hörbar gemacht werden müssen, aufgefasst werden. Er erzeugt die Frequenz in einem Schwingkreis und überträgt sie direkt in die Luft. Im Gegensatz beispielsweise zu Dauertonklavieren werden keinerlei mechanisch schwingende Körper mehr benötigt, deren Schwingungen zwar nicht hörbar sein müssen, jedoch die Schwingungen der späteren Klänge induktiv erzeugen.

Musikinstrumente werden erst dann als tatsächlich elektronisch bezeichnet, wenn sie über eine Schwingungserzeugung durch entdämpfte Schwingkreise verfügen. Dieser Umstand verdeutlicht die Problematik der Terminologie, da Elektronik in physikalisch-terminologischem Verständnis ein Überbegriff auch über Elektromagnetismus ist. Des Weiteren stellen Konstruktionen, beispielsweise der singende Lichtbogen oder der musical telegraph, Arbeiten in einem Grenzgebiet zwischen Musikinstrument und Kommunikationsgerät dar. Nicht Elisha Gray, sondern Alexander Graham Bell war allerdings der erste, der 1876 ein Telefonkonzert über eine größere Distanz innerhalb Kanadas, von Paris, Ont. nach Brantford, Ont. übertrug.⁴⁶¹

⁴⁶¹ Vgl. Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 2.

Dieser Abschnitt rückt die Bedeutung des Technologietransfers für die Entwicklung von Musikinstrumenten im Allgemeinen und für eine neuartige Weise der Klangerzeugung durch elektronische Vorrichtungen im Besonderen in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Es wird ersichtlich, dass eine wachsende Technologisierung nicht allein von Produktionsprozessen, sondern auch von Produkten zunächst als ein Weg der Verbesserung bereits bekannter Mechanismen bzw. Konstruktionen aufgefasst werden kann. Besonders bezüglich der mechanischen Musikinstrumente, aber auch herkömmlicher Instrumente vollzogen sich Innovationen, die zunehmend durch Wissensgebiete realisiert wurden, die aus Unterbereichen der Physik wie der Mechanik, der Akustik und schließlich der Elektrotechnik transferiert wurden.

5. Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente

Die folgenden Erläuterungen zu Vertretern elektroakustischer Musikinstrumente zeigen lediglich eine kleine Auswahl der tatsächlich erfolgten Konstruktionen. Eine umfassende oder gar den Anspruch der Vollständigkeit erhebende Darstellung von Konstruktionen ist aufgrund ihrer Anzahl ein unmöglich erscheinendes Vorhaben.⁴⁶² Die vorliegende Auswahl konzentriert sich vielmehr auf exemplarisch herausragende Vertreter einer, bezüglich ihrer Klangerzeugungsmechanismen als inhomogen erscheinende Gruppe. Zieht man allerdings den Aspekt der Innovation, näher charakterisiert durch den Transfer von Technologie im weitesten Sinne heran, erweisen sich eben die disparaten Vertreter als jeweilige Zeugen wissenschaftlicher Erkenntnisstände und technologischer Entwicklungen des Fachgebietes der Elektrotechnik. Sie stellen Artefakte ihrer Konstrukteure, die aus der Intention geschaffen wurden, Instrumente zur Musikhervorbringung anzufertigen. Darüber hinaus bedeuten die jeweiligen Entwicklungsumstände ein Charakteristikum für die verschiedenen Instrumente. Lediglich ein diesbezüglich verbindendes Prinzip kann als gemeinsam angenommen werden. Hierbei handelt es sich um die kreative Vereinigung disparater Wissensgebiete, wie der Akustik, der Elektrotechnik und des Musikinstrumentenbaus in einer Konstruktion. Zu diesen individuellen Transferleistungen müssten der Vollständigkeit halber jeweils weitere Faktoren hinzukommen, die beispielsweise von den persönlichen Voraussetzungen des jeweiligen Konstrukteurs abhängig wären. Das würde auch soziale Faktoren mit einschließen, wozu sowohl das berufliche und private Umfeld der Person ebenso zählen müssten als auch geschichtliche Entwicklungsaspekte der Gesellschaft, in der die Person verankert ist. Diese Vielzahl an Faktoren kann und soll jedoch in den folgenden Darstellungen nicht mit berücksichtigt werden. Ebenso kann in der Auswahl kaum auf die zumeist zahlreichen Innovationen durch weitere Entwicklungsarbeiten an den jeweiligen Instrumenten eingegangen werden. Von besonderer Bedeutung sollen vielmehr die Voraussetzungen sein, die zur Entstehung neuartiger, bzw. neuer Musikinstrumente geführt haben. Sie verwendeten nun Elektrizität,

⁴⁶² Vgl. hierzu die Liste elektroakustischer Musikinstrumentenkonstruktionen bei Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 21–23.

bzw. Elektrotechnik zur Substitution herkömmlicher Klangerzeugungsmechanismen und ermöglichten damit auch einen völlig neuen Zugang zur Gestaltung der hervorgebrachten Klänge.

1) Telharmonium

Als einer der ersten Vertreter von Musikinstrumenten, die ihre Töne nicht mehr mit Hilfe hörbarer Schwingungen erzeugt, gilt das von Thaddeus Cahill entwickelte Telharmonium, das er später auch als Dynamophon bezeichnete.⁴⁶³ Es handelt sich dabei um ein Instrument, das Strom in doppelter Weise zur Hervorbringung von Klängen verwenden muss, indem es sowohl der Drehbewegung eines Tonzahnrades bedarf – häufig auch als Profilscheibe bezeichnet – die einen Stromfluss induziert, als auch der elektrischen Verstärkung der damit erzeugten Schwingungen.⁴⁶⁴

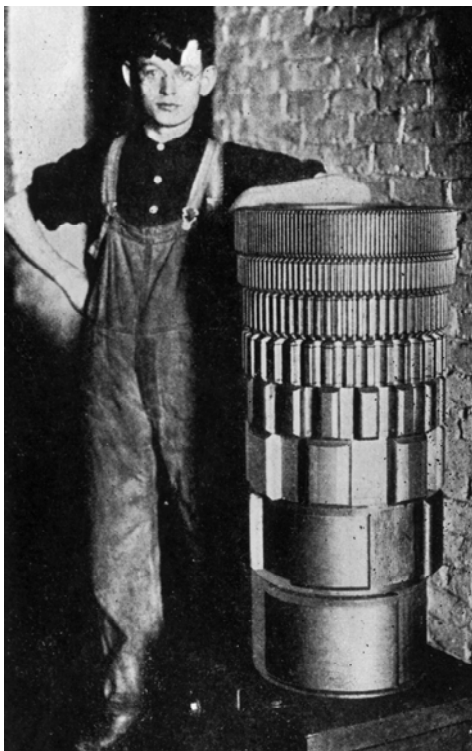


Abb. II-7: Junger Werksarbeiter mit einem Tonzahnrad für Cahills Konstruktion. Deutlich ist dabei die achteilige Struktur zu erkennen. Der unterste Bereich ist für die Erzeugung des Grundtones, der darüber liegende Bereich für die Erzeugung des ersten Partialtons, also der doppelten Frequenz, usw. zuständig. Die mit einem Zahnrad stets gleichzeitig erzeugten Töne konnten über Schalter am Spieltisch zusammengemischt werden.

Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 10.

Im Falle Cahills nennt Reynold Weidenaar in seiner umfassenden Darstellung über das Telharmonium und dessen Schwestermodelle zwei Inspirationsquellen, die grund-

⁴⁶³ Vgl. Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 79.

⁴⁶⁴ Vgl. zur Beschreibung der Funktionsweise des Telharmoniums Peter Donauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 14 ff.

legende Ideen artikulieren, auf deren Basis Cahill das Konzept für sein Instrument entwickelte. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Beschaffenheit der Töne und Klänge entnahm er aller Wahrscheinlichkeit nach der von Alexander J. Ellis 1885 übersetzten vierten Auflage von Helmholtz *Lehre von den Tonempfindungen*. »Cahill inaugurated his search for the perfect instrument by exhaustive research into the principles of sound, primarily as demonstrated by Helmholtz. His guiding vision was twofold: a machine that could produce scientifically perfect tones, and absolute control of these tones on a mathematical certainty by mechanical means.«⁴⁶⁵ Die zweite Inspirationsquelle war möglicherweise der von Edward Bellamy 1887 verfasste utopische Roman *Looking Backward*. »Bellamy dealt with music at some length [...]. Music was distributed 24 hours a day to homes, which had music rooms filled with perfectly rendered performances. All were live concerts emanating from halls connected by telephone to any subscriber who would pay the fee.«⁴⁶⁶ Diese beiden Quellen spiegeln den ideellen Referenzrahmen wider, sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht. Bereits die erste Patenteinsendung Cahills vom 10. August 1895, ist durch diesen doppelten Referenzrahmen in seinem Titel charakterisiert: *Art of and Apparatus for Generating and Distributing Music Electrically*. Der Patentantrag wurde zunächst abgelehnt.⁴⁶⁷ Die Klangsynthese – Cahill selbst verwendete in der Tat den Begriff ›synthesizer‹⁴⁶⁸ – erfolgt nach Helmholtz' Erkenntnissen über die Beschaffenheit der Klangfarbe als eine Überlagerung mehrerer Sinuswellen.⁴⁶⁹

»Als Tonerzeuger für sein Dynamophon verwendete er zwölf dampfgetriebene elektromagnetische Generatoren, deren rotierende Profilscheiben Wechselströme erzeugten. Für jeden Ton der chromatischen Skala war ein Wechselstromgenerator verantwortlich, der so eingerichtet war, daß er neben dem Grundton noch sieben Obertöne einzeln erzeugen konnte. [...] Die verschiedenen Klangfarben wurden aus dem Zusammenschluß von Grund- und Obertönen gebildet, wobei durch getrennte Generatoren möglichst sinusförmige Teiltöne erzeugt wurden.«⁴⁷⁰

⁴⁶⁵ Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 14.

⁴⁶⁶ Ebenda, S. 11.

⁴⁶⁷ Vgl. ebenda, S. 18.

⁴⁶⁸ Vgl. ebenda, S. 15.

⁴⁶⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung.

⁴⁷⁰ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1729.

Damit realisierte Cahill möglicherweise erstmals die additive Form der Klangsynthese, wobei die einzelnen Wechselströme mithilfe der sich drehenden Profilscheiben durch elektromagnetische Induktion erzeugt werden. Die zitierte Beschreibung der Tonerzeugung lässt bereits auf die unhandlichen Dimensionen dieses Instruments schließen. Die fertige Konstruktion wog insgesamt 200 Tonnen und wurde in mehreren Eisenbahnwagons von Holyoke bei Springfield, Massachusetts, wo sich Cahills Werkstätten befanden, nach New York verfrachtet.⁴⁷¹

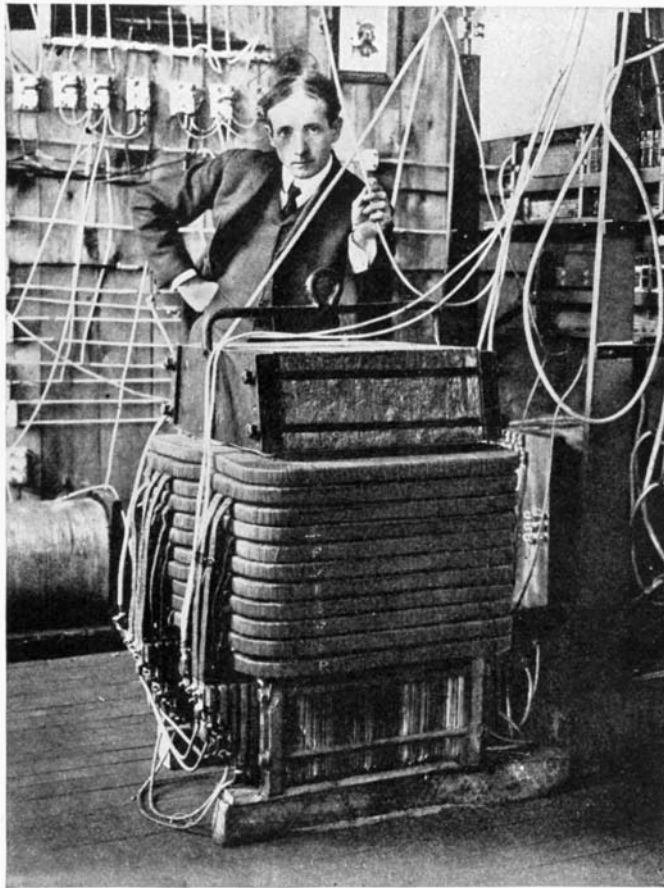


Abb. II-8: Diese Abbildung zeigt den Bruder Thaddeus Cahills. Arthur T. Cahill, an einem der Tonmischer des Telharmoniums. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 11.

Cahills Konzept für die Verbreitung der Musik seines Telharmonium konnte aufgrund des technischen Entwicklungsstandes seiner Zeit lediglich auf eine Wiedergabemöglichkeit zurückgreifen. Dabei handelt es sich um den Lautsprecher des Telefongehörs, der wenige Jahre zuvor von Bell entwickelt worden war.⁴⁷² Dieser Umstand beschränkte die Rezeptionsmöglichkeit von Musik, die durch das Telharmonium erzeugt wurde auf die Verfügbarkeit eines Telefongerätes bzw. auf die Veranstal-

⁴⁷¹ Vgl. Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 69.

⁴⁷² Vgl. ebenda, S. 2.

tungsform der Telefonkonzerte.⁴⁷³ Trotz anfänglichen Erfolgen ließen Störgeräusche sowie die nicht allzu ausdifferenzierten Klangfarben das Interesse der Öffentlichkeit bald zurückgehen.⁴⁷⁴ Cahills Leistung allein auf die additive Klangsynthese zu beschränken, wäre eine zu eingengte Sichtweise auf das Telharmonium. Durch seine unermüdlichen Tätigkeiten konnte er wohl eines der größten und in seiner Zeit das wohl technologisch aufwändigste Musikinstrument produzieren. Indem er die akustischen Erkenntnisse Hermann von Helmholtz' gleichsam als Bauanleitung für seine gewünschten Ton- und Klangfarbenerzeugung heranzog und über den Weg der von Michael Faraday entdeckten elektromagnetischen Induktion in hörbare Schwingungen übersetzen konnte⁴⁷⁵, schuf er mit seiner Transferleistung erstmals ein Instrument, das unterschiedliche Klangfarben erzeugen konnte, wofür lediglich die Rotationsbewegung der Tonzahnräder nötig war und keine herkömmliche Schwingung. Das Telharmonium bzw. Dynamophon ist damit als elektromechanisches Instrument mit rotierenden Tonerzeugern bzw. Tongeneratoren zu bezeichnen und war das erste, einer großen Öffentlichkeit bekannt gewordene Musikinstrument dieser Art.

Dieses Instrument erwähnt Ferruccio Busoni in seiner Schrift *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst* als mögliche Antwort auf die Frage der Entwicklung von Musikinstrumente zur Hervorbringung von Mikrointervallen.⁴⁷⁶ Unter dem Titel *New Music for an old World* veröffentlicht Ray Stannard Baker einen ausführlichen Artikel über Cahills Instrument in der Juli-Ausgabe des *McClure's* Magazin von 1906 und beschreibt es hinsichtlich seiner technischen Funktion und dem erdachten Verbreitungssystem über Telefonleitungen.

⁴⁷³ Vgl. hierzu den Abschnitt I.4.2) *Elektrifizierte Konservierung, Wiedergabe und Aufzeichnung*, S. 65–79 in dieser Untersuchung. Zur Entwicklung der Telefonkonzerte vgl. auch Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 16 ff.

⁴⁷⁴ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1729.

⁴⁷⁵ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.2) *Elektrizität und Elektrotechnik*, S. 157–163 in dieser Untersuchung.

⁴⁷⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt I.3.2) *Musikforschung*, S. 41–52 in dieser Untersuchung.



Abb. II-9: Die Fotografie zeigt den zweimanualigen Spieltisch des Telharmoniums in Holyoke, dem Werkstattinstrument, um 1906. Die Spieler sind leider nicht mehr eindeutig zu identifizieren.

Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 23.

Bereits das erste Modell des Instruments verfügt über zwei Manuale, was ihm zusammen mit der Klangfarbenvariation große musikalische Gestaltungsmöglichkeiten verleiht. Da Cahill noch nicht auf die Schwingungsverstärkung durch eine Elektronenröhre sowie auf die Technik des Lautsprechers zurückgreifen konnte, war allerdings die Wiedergabe, das Umwandeln der elektrischen Schwingungen in hörbare Töne, eines der großen Probleme, an denen das Instrument letztendlich auch scheitern sollte. Insgesamt wurden drei Instrumente konstruiert, wobei das erste einem ›Werkstattinstrument‹ gleichkam. Es verblieb in Holyoke und kam lediglich zu Demonstrationszwecken, gespielt von Edwin Hall Pierce und Thaddeus Cahill selbst, zum Einsatz.⁴⁷⁷ Es verfügte lediglich über einen großen Trichter als Verstärker, die beiden späteren Modelle waren bereits an das Telefonleitungsnetz angeschlossen. Schon wenige Jahre nach Inbetriebnahme wurde das Dynamophon, trotz der kleineren Innovationen, die Cahill noch durchführen konnte, vom allgemeinen technischen Fortschritt, besonders der Lautsprechertechnologie, überholt.

Aus Perspektive der technischen Realisation kommt dem Telharmonium die Position des ersten elektromechanisch funktionierenden Instruments zu, das zugleich unter-

⁴⁷⁷ Vgl. Reynold Weidenaar: *Magic Music from the Telharmonium*, S. 60 f sowie 66 f.

schiedliche Klangfarben erzeugen kann. Die verschiedenen elektrischen Dauertonklaviere, wie sie beispielsweise von Richard Eisenmann entwickelt und in der *Zeitschrift für Instrumentenbau* erläutert worden waren, verwenden noch herkömmliche Schwingungen der Saiten zur Klangerzeugung, die durch unterbrochenen Stromfluss in permanenter Schwingung gehalten werden können.⁴⁷⁸ Das Telharmonium verwendet hingegen rotierende Tonzahnräder, um Wechselstromschwingungen zu erzeugen, die wiederum hörbar gemacht werden. Im Gegensatz zu den Dauertonklavieren bringt das bewegte Element jedoch keinerlei hörbare Schwingungen mehr hervor. Trotz dieses Unterschiedes der Klangerzeugung zwischen Dauertonklavieren und dem Telharmonium wird sie beide Male terminologisch mit ›elektromechanisch‹ benannt.⁴⁷⁹ Die Problematik solcher Terminologien, die ohne fundiertes Wissen um den Bedeutungsgehalt der Begriffe selbst sowie der jeweiligen Funktion der Instrumentenkonstruktion, nur sehr schwer nachvollziehbar ist, wird hierdurch verdeutlicht.⁴⁸⁰ Das Klangerzeugungs- und Klangsyntheseprinzip des Telharmoniums ist trotz seines eingeschränkten Erfolges wegweisend für eine große, besonders in den Vereinigten Staaten ab Mitte der 1930er Jahre einsetzende, Wandlung und Diskussion um die Eratzmöglichkeiten für herkömmliche Kirchenorgeln durch die sogenannte Hammond-Orgel. Sie kann als variierte und erweiterte Form des Telharmoniums gelten. Durch Anwendung neuerer technischer Bauelemente konnte sie allerdings hinsichtlich ihrer Größe und ihres baulichen Aufwands gegenüber dem Telharmonium wesentlich optimiert werden. Ihre Funktionsweise, mit rotierenden zahnradähnlichen Scheiben Wechselspannungen zu induzieren sowie durch additive Synthese verschiedene Klangfarben verfügbar zu machen⁴⁸¹, weist sie als direkten Abkommen des Telharmoniums aus. Einen Überblick über unterschiedliche, überwiegend amerikanische elektrische Orgelkonstruktionen bis Ende der 1950er Jahre gibt Richard H. Dorf, worin die Auswirkungen technologischer Umsetzungen durch das Telharmonium auf eine Vielzahl, Jahrzehnte später entstandener Instrumente unterstrichen werden.⁴⁸²

⁴⁷⁸ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.3) *Elektrotechnik – Klangmanipulation und Tonerzeugung*, S. 171–178 in dieser Untersuchung.

⁴⁷⁹ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1718 ff.

⁴⁸⁰ Vgl. hierzu den Abschnitt I.1. *Terminologische Überlegungen*, S. 7–24 in dieser Untersuchung.

⁴⁸¹ Vgl. Werner Lottermoser: *Akustische Beurteilung elektronischer Musikinstrumente*, in: *Archiv für Musikwissenschaft* IV (1955), S. 262 ff.

⁴⁸² Vgl. Richard H. Dorf: *Electronic Musical Instruments*, New York 1959.

2) Theremin

Das Theremin ist das erste, rein elektronisch funktionierende Musikinstrument.⁴⁸³ In der mehrjährigen Phase zahlreicher Vorstellungen dieses, auch in seiner Bedienungsweise völlig neuartigen Instruments wurde die Weltöffentlichkeit nicht müde, neue Namen dafür zu erfinden. Zunächst war die Konstruktion in Russland als Termenvox, in Deutschland etwas später dann als Ätherophon – da der Interpret die Töne durch berührungsloses Spiel scheinbar dem ›Äther‹ entlocken zu schien – bekannt geworden. In den Vereinigten Staaten wiederum setzte sich die Bezeichnung Theremin durch, die amerikanisierte Schreibweise des ursprünglich französischen Namens seines Konstrukteurs Lev Termen.⁴⁸⁴ Aufgrund seiner Popularität stellte das Instrument darüber hinaus für zahlreiche nachfolgende Konstrukteure eine nicht zu unterschätzende Inspirationsquelle dar.⁴⁸⁵ Dies ist sowohl in ideeller als auch technologischer Hinsicht zu verstehen. Zum einen ermutigte der Erfolg, den Lev Termen seit den frühen 1920er Jahren und ab 1927 dann auch in Deutschland mit seinem Instrument durch öffentliche Auftritte erzielen konnte, zahlreiche Konstrukteure zur Fortführung ihrer Arbeiten. Damit einhergehend verbreitete sich zum anderen das Wissen um die technologische Realisierung der Klangerzeugung des Theremins. Die große Popularität ist Symptom der neuen Technologie und eine auffallende Charakteristik des Theremins. Es war, im Gegensatz zum Telharmonium, leicht transportierbar, wartungsfreundlich und konnte an damals neu entwickelte Lautsprecher angeschlossen werden, was Termen ermöglichte, Reisen zu unternehmen, auf denen er zahlreiche Vorstellungen seines Instruments geben konnte. Zudem ermöglichte die neue Technologie eine Aufsehen erregende, spektakuläre Spielweise dieses Instrumentes.

⁴⁸³ Vgl. zur Bedeutung der elektronischen Klangerzeugung: Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1720 f.

⁴⁸⁴ Vgl. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 25. Vgl. zur Herkunft des Namens Termen (kyrillisch: ТЕРМЕH) Albert Glinsky: *Theremin: Ether Music and Espionage*, Urbana 2000, S. 9 ff.

⁴⁸⁵ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1733.

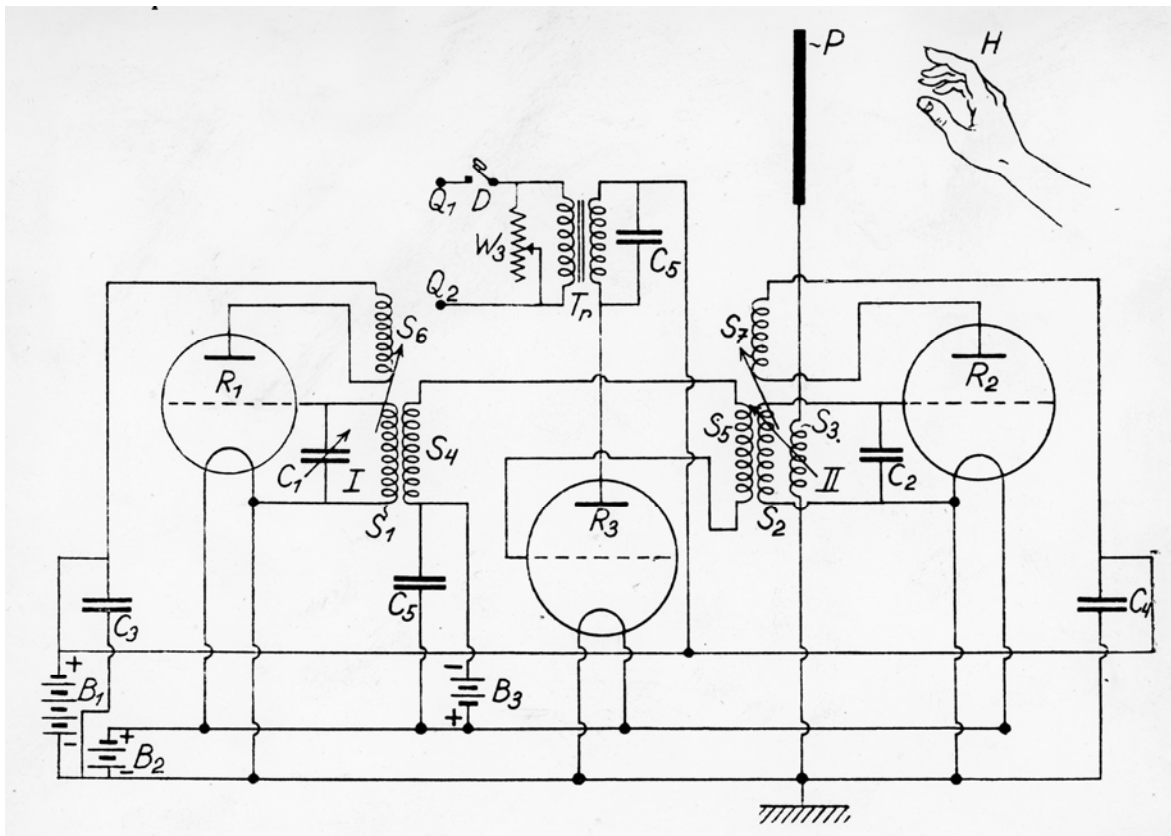


Abb. II-10: Schaltskizze des Theremins. R1 und R2 erzeugen in den Schwingkreisen I und II die hochfrequenten Ausgangsschwingungen, die durch Überlagerung eine hörbare Schwebungsschwingung ergeben. Sie sind über die Spulen S4 und S5 rückgekoppelt und übertragen die Schwebung auf das Gitter von R3. Durch den Transformator Tr gelangen so an Q1 und Q2 tonfrequente Schwingungen als Wechselströme, die über einen Verstärker und Lautsprecher hörbar gemacht werden können, Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 17.

Die Entstehungsumstände und später die Entwicklungsarbeiten an seinem Instrument waren von zahlreichen Zufällen begleitet. Lev Termen war musikalisch sehr gut ausgebildet.⁴⁸⁶ Darüber hinaus erhielt er 1919, in problematische Zeiten der jungen Sowjetunion, durch seinen wissenschaftlichen Förderer Abram Fjodorowitsch Joffe eine Anstellung am physikalisch-technischen Institut in St. Petersburg. Durch seine dortigen Arbeiten kam er u.a. auch mit der Schaltungstechnik Lee de Forests in Berührung.⁴⁸⁷ »Lev's first project for Ioffe used the human body as an electric conductor – it's ability to store up charges, or the property known as ›capacitance‹.«⁴⁸⁸ Mit dieser Erkenntnis entwickelte er zunächst ein Warnsystem, das in einem variabel einstellbaren Umkreis ein elektromagnetisches Feld aufbaute, das wiederum auf die An-

⁴⁸⁶ Vgl. Albert Glinsky: *Theremin: Ether Music and Espionage*, S. 11 ff.

⁴⁸⁷ Vgl. ebenda, S. 22 f.

⁴⁸⁸ Ebenda, S. 23.

näherung des menschlichen Körpers reagierte. Bei seinen Versuchen bemerkte er zufällig die Tonhöhenänderung des Warntones bei Annäherung an die Antenne.⁴⁸⁹ Der musikalisch gebildete Physiker erkannte das Potenzial seiner Warnvorrichtung als Musikinstrument. »The principle was similar to that of the radio watchman. Again, natural body capacitance – this time from the hand, rather from the whole body – interfered with the electromagnetic field emanating from the device and induced a change in the capacity of the circuit, altering its oscillating frequency.«⁴⁹⁰ Diese beiden Systeme meldete Joffe auf einer Deutschlandreise 1924 zum Patent an.⁴⁹¹ Bereits zwei Jahre früher hatte Termen sein Instrument erfolgreich vor Vladimir Iljitsch Lenin präsentieren können, bevor er mit seiner Entwicklung zunächst ins Europäische Ausland, später auch in die Vereinigten Staaten ging.⁴⁹²

Dieser knappe Überblick über die Entstehung des ersten Musikinstruments mit vollständig elektronischer Klangerzeugung, zeigt bereits die Dimensionen des Technologietransfers auf, die Lev Termen zur Realisierung des Theremins leisten konnte. Mit der Radiotechnik war er bestens vertraut und somit in der Lage, durch Kombination einiger aus der Kommunikationstechnik entlehnter Funktionsprinzipien sein Instrument zu entwickeln. Zunächst war ihm die Schwingungserzeugung mit der Vorrichtung Lee de Forest bereits bekannt.⁴⁹³ In Verbindung mit dem ebenfalls durch die Signalübertragung bekannten Heterodyn-Prinzip, das auch als Schwebungssumme bezeichnet wird, entwickelte er, noch für seinen »radio watchman« einen Tonerzeugungsmechanismus, ausgelöst durch Kapazitätsänderung in einem elektromagnetischen Feld. Erst nachdem er die Auswirkung einer Positionsänderung der des menschlichen Körpers im elektromagnetischen Feld der Antenne bemerkte, begann die Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Konstruktion eines Instruments zur Musikhervorbringung. Dabei verwendete er de Forests Frequenzgenerator zur Erzeugung zweier außerhalb des Hörbereichs liegender, hoher Frequenzen. Erst deren

⁴⁸⁹ Vgl. ebenda, S. 23 f.

⁴⁹⁰ Ebenda, S. 24.

⁴⁹¹ Ebenda, S. 41. Vgl. darüber hinaus die Patentliste Peter Lertes, worin unter der Nummer 209 das erste Patent bezüglich des Theremins genannt wird. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 195. Ebenso die Patentliste bei Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 272 ff.

⁴⁹² Vgl. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 27 ff. Darüber hinaus vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 34 ff.

⁴⁹³ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.2) *Elektrizität und Elektrotechnik*, S. 157–163 in dieser Untersuchung.

Überlagerung bringt einen wahrnehmbaren Ton durch Schwebung hervor. Dieser wiederum kann durch Modulation einer der beiden hohen Frequenzen in seiner Tonhöhe geändert werden.⁴⁹⁴ Der Vorgang wird am Theremin durch die Annäherung oder Entfernung der rechten Hand, oder auch des ganzen Körpers, an eine senkrechte Antenne gesteuert.⁴⁹⁵ Eine nicht intendierte Erkenntnis verhalf einer Vorrichtung, die als Warnsystem geplant war, zu einer Wandlung in ein Musikinstrument.



Abb. II-11: Lev Termen beim Spiel »auf« seinem Instrument im Jahr 1927. Die linke Hand bestimmt mit ihrem Abstand über der metallenen Schleife die Lautstärke während die rechte Hand durch ihren Abstand zu der Antenne die Tonhöhe kontrolliert. Die Noten konnten komfortabel auf die Frontblende des Instrumentes gestellt werden. Im Hintergrund steht der große Lautsprecher.

Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 03.

Das Beispiel des Theremins verdeutlicht besonders, wie aus der Radio-, bzw. Rundfunktechnik heraus Musikinstrumente entwickelt wurden. Ebenso unterstreicht dieses Beispiel die Tatsache, dass beinahe sämtliche solcher Instrumentenentwicklungen von Personen konzipiert und realisiert werden konnten, die ein tiefgreifendes technisches Wissen erworben hatten. Dies konnte sowohl aufgrund beruflicher Ausübung, wie auch in Form privaten Interesses erfolgen, so beispielsweise im Fall Jörg Ma-

⁴⁹⁴ Vgl. zur Erläuterung der Funktionsweise des Heterodyn-Prinzips bzw. des Schwebungssummers auch Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 30 f.

⁴⁹⁵ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1732.

gers.⁴⁹⁶ Es waren also nicht mehr nur Instrumentenbaumeister, die das Feld der Elektrotechnik, speziell der Signalübertragung, als neue Möglichkeit der Klangerzeugung in Instrumentenkonstruktionen anwendeten.⁴⁹⁷ Das Theremin steht darüber hinaus auch noch exemplarisch für die Eröffnung neuartiger Interaktionsformen zwischen Interpret und Instrument, die das Gebiet der Elektrotechnik möglich gemacht hatte. Da zum Spiel des Theremins das eigentliche Instrument nicht berührt werden musste und der Interpret die Töne durch Abstandsänderung seiner Hände und Arme zu den Antennen entstehen ließ, war eine taktile Kraftübertragung, wie bei bereits existierenden Musikinstrumenten, unnötig geworden.⁴⁹⁸

Die tatsächlichen musikalischen Eigenschaften sind, zumindest aus heutiger Perspektive, weniger beeindruckend. Außer der Tonhöhenkontrolle durch die rechte Hand vor einer senkrecht montierten Antenne, ist lediglich noch die Änderung der Lautstärke durch eine seitlich angebrachte, waagrechte und von der linken Hand kontrollierten Antenne, möglich.⁴⁹⁹ Ein Klangfarbenwechsel ist ebenso wenig möglich, wie die Differenzierung zwischen Legato oder Staccato. Einerseits können zwar Mikrointervalle realisiert werden, da dem Interpreten andererseits jedoch keinerlei Orientierungshilfen zur Verfügung stehen, ist ein gezieltes Treffen konkreter Tonhöhen äußerst schwierig.

Trotz der musikalisch noch eingeschränkten Möglichkeiten hat das Theremin aufgrund seiner großen Publikumswirkung sicherlich dazu beigetragen, den Weg der elektronischen Klangerzeugung und dessen Anwendung in Instrumentenkonstruktionen zu bereiten. Die große Aufmerksamkeit führte in den Vereinigten Staaten bereits 1929 zu einer Serienfertigung von 500 Instrumenten durch RCA (Radio Corporation of America).⁵⁰⁰ Ebenso widmeten sich erstmals Komponisten einem elektroakustischen Instrument, zumindest in großem Maßstab. »The first orchestral work with a solo electronic instrument was Pashchenko's *Symfonicheskaya misteriya* (Symphonic

⁴⁹⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.4) *Sphärophon*, S. 195–199 in dieser Untersuchung.

⁴⁹⁷ Vgl. hierzu auch den Beitrag von Barbara Barthelmes: *Experimentieren, Basteln, Gestalten, Inszenieren. Wandlungen des künstlerischen Selbstverständnisses*, in: Helga de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musikästhetik* (= Handbuch der Systematischen Musikwissenschaft 1), Laaber 2004, S. 330–352.

⁴⁹⁸ Vgl. Hugh Davis/Richard Orton: Art. *Theremin*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 25, London 2001, S. 386.

⁴⁹⁹ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1732.

⁵⁰⁰ Vgl. Hugh Davis/Richard Orton: Art. *Theremin*, S. 386.

Myserý) for Theremin and orchestra, which recieved ist first performance in Lenin-grad on 2 May 1924 with Termen as soloist.«⁵⁰¹ Es folgten noch zahlreiche Kompositionen unterschiedlicher Gattungen, darunter auch Filmmusik. Nach dem zweiten Weltkrieg war dem Theremin ab den 1950er Jahren besonders in Hollywood-Filmen und in der Popularmusik ein wiedererwachendes Interesse beschert.⁵⁰²

3) Ondes Martenot

Die Konstruktion des ursprünglich ›Ondes Musicales‹ genannten Instruments erfolgte möglicherweise aufgrund eines direkten Kontaktes seines Konstrukteurs Maurice Martenot mit Lev Termen im Jahr 1923, was allerdings den Darstellungen Glinskys widerspricht, nach dessen Angaben Termen erst 1927 nach Berlin kam.⁵⁰³ Ob Martenot nach Moskau gereist war, kann an dieser Stelle nicht weiter nachverfolgt werden. Wahrscheinlicher aber ist seine Kenntnis über Termens Instrument. Allerdings scheint Martenot sich bereits seit 1917 zumindest mit der Konstruktion eines elektroakustischen Musikinstrumentes »...auf der Basis eines Schwebungssummers...«⁵⁰⁴ beschäftigt zu haben. Die erste Version des Ondes Martenot war noch nicht mit einer Klaviatur ausgestattet, die Tonhöhengestaltung erfolgte lediglich über einen Ring am Finger des Spielers, der an einer Schnur befestigt war. »Es begann mit einem Schnurzug, über den ein Drehwiderstand oder ein Kondensator verstellt werden konnte [...].«⁵⁰⁵ Eine solche, noch nicht an eine bestimmte Bewegungsachse, wie beispielsweise einem horizontal liegenden Manual, gebundene Spielbewegung stand derjenigen

⁵⁰¹ Ebenda.

⁵⁰² Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1733. Vgl. ebenso André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 35. Zum Rezeptionsbeginn des Theremins und dessen Produktion durch RCA vgl. Kapitel drei bis sechs in Albert Glinsky: *Theremin: Ether Music and Espionage*, S. 73–167.

⁵⁰³ Vgl. Hugh Davis: Art. *Electronic instruments*, S. 81. Vgl. Albert Glinsky: *Theremin: Ether Music and Espionage*, S. 50.

⁵⁰⁴ Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1734. Die Aussagen in den wichtigsten Nachschlagewerken widersprechen sich bezüglich der tatsächlichen Entstehung des Ondes Martenot. Siedelt Davis dessen Entstehung in einen Zeitraum um 1923, verbunden mit dem Kontakt Martenots zu Termen an, so steht Ungeheuers Aussage über den Beginn von Beschäftigungen Martenots mit einem Schwebungssummer-Instrument bereits auf 1917 und im weiteren ohne den Kontakt zu Termen dem gegenüber.

⁵⁰⁵ Peter Donhauser: *Wellen am Schnürchen*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 140.

des Theremins noch sehr nahe.⁵⁰⁶ Ebenso war der Schwebungssummer zur Klangerzeugung, die Überlagerung zweier hochfrequenter Schwingungen, durch deren Schwebungsfrequenz ein hörbarer Ton erzeugt wurde, eine direkte Analogie zum Theremin und damit zum Audion. Da jedoch das Spiel bzw. eine sichere Tonhöhengestaltung durch bloßes ziehen an der Schnur und ohne jegliche Orientierungsmöglichkeit, sich als nicht praktikabel herausstellte, fügte Martenot seinem Instrument zunächst eine gezeichnete, später eine tatsächliche Klaviatur hinzu.⁵⁰⁷ Diese letztere Erweiterung ergab eine Kombination aus Ringzug und Klavier und ermöglichte dem Interpret weiterhin eine stufenlose Tonhöhengestaltung sowie Glissandi, es konnte damit also, wie bereits bei Cahills Telharmonium und dem Theremin, auch Mikrointervalle gespielt werden.



Abb. II-12: Eine relativ unbekannte Abbildung zeigt Maurice Martenot beim Spiel »auf« einem seiner ersten Ondes. Der Ring am Finger Martenots sowie die Schnur zum Instrument sind auf dieser Aufnahme zwar nicht erkennbar (der weiße Punkt an der Hand scheint ein Fehler auf der Fotografie zu sein), es wird aber die berührungslose Interaktionsform deutlich, durch die dieses frühe Modell dem Theremin nahe steht.

Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 02.

In vielerlei Hinsicht scheint zumindest ab einem gewissen Entwicklungsstadium eine Inspiration Martenots durch Lev Termens Instrument naheliegend. Durch die steten innovativen Arbeiten überflügelte das Ondes Martenot schließlich das Theremin hinsichtlich der musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten, auch wenn es ebenfalls lediglich monophon spielbar blieb. Neben der stufenlosen Tonhöhengestaltung konnten

⁵⁰⁶ Vgl. Hugh Davis: Art. *Electronic instruments*, S. 81.

⁵⁰⁷ Vgl. Peter Donhauser: *Wellen am Schnürchen*, S. 140.

durch die Klaviatur auch das chromatische Tonsystem gespielt, beim Spiel ohne Ring ebenso zwischen Staccato und Legato differenziert werden.⁵⁰⁸ Die Klaviatur wurde nach und nach funktionell erweitert, so dass durch leichte Seitwärtsbewegung einer Taste mikrotonale Tonhöhenänderungen und damit auch ein Vibrato ausgeführt werden konnten.⁵⁰⁹ Das Spiel auf der Klaviatur erfolgt stets mit der rechten Hand.

An einer ausziehbaren Lade für die linke Hand konnte ein Klangsteuerungsmodul bedient werden, das über einen »...Druckregler zur Steuerung der Lautstärke sowie Knöpfe zur Klangfarbenregelung und zum Transponieren [verfügte].«⁵¹⁰ Aufgrund des großen Erfolgs, den das Ondes Martenot in Frankreich erfuhr, führte sein Erbauer über Jahrzehnte hin Erweiterungen und Variationen der Konstruktion aus. Diese Tatsache lässt die erstmalige Einführung der Lade sowie ihre einzelnen Bedienungselemente nur noch schwer rekonstruieren. Eine frühe Erwähnung durch Martenot selbst findet sich in seinen Erläuterungen über die musikalischen Eigenschaften seines Instruments aus dem Jahre 1955.⁵¹¹ Dabei erwähnt er allerdings nur die Möglichkeit zur Lautstärkenkontrolle explizit. Bezüglich der Klangfarben bemerkt er, »...dass man an der Quelle selbst eine obertonreiche Schwingung erzeugt und über Filter dem Lautsprecher zuführt.«⁵¹² Weitere Details bezüglich der elektrotechnischen Klangfarbenbeeinflussung erwähnt er nicht, sondern beschreibt im Folgenden seine Versuche am Lautsprecher, womit er dasselbe Ziel verfolgte. Sie führten zu der charakteristischen Lautsprecherform des Ondes Martenot, der sog. Palme, »...einem hölzernen Resonanzkasten, der auf beiden Seiten mit zwölf Saiten bespannt ist [...].«⁵¹³ Die erzeugten elektronischen Schwingungen werden auf einen beweglichen Sattel geleitet, der sie auf die Saiten überträgt und diese in mechanische Schwingung versetzt.⁵¹⁴

Ähnlich wie das Theremin war auch das Ondes Martenot sehr populär, nicht nur beim Laienpublikum, sondern auch bei professionellen Musikern. Zahlreiche Kom-

⁵⁰⁸ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1734.

⁵⁰⁹ Vgl. Hugh Davis/Richard Orton: Art. *Ondes Martenot*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 18, London 2001, S. 409.

⁵¹⁰ Ebenda, S. 142.

⁵¹¹ Maurice Martenot: *Künstlerische und technische des elektronischen Musikinstruments; Zukunftsperspektiven*, in: Werner Meyer-Eppler (Hrsg.), *Musik, Raumgestaltung, Elektroakustik. Internationaler Kongress ›Musik und Elektroakustik‹*, Mainz 1955, S. 72–77.

⁵¹² Ebenda, S. 74.

⁵¹³ Ebenda, S. 75.

⁵¹⁴ Vgl. ebenda.

ponisten widmeten sich diesem Instrument in den unterschiedlichsten musikalischen Gattungen.⁵¹⁵ Ab 1947 wurde das Ondes-Martenot-Spiel am Pariser Konservatorium unterrichtet, nachdem das Instrument zehn Jahre zuvor den *Grand Prix de l'Exposition Mondiale* der Pariser Weltausstellung erhielt. Bis in die 1990er Jahre wurde das Instrument gebaut, wobei der sechsten Version von 1953 – seit der ersten Präsentation waren gerade einmal 25 Jahre vergangen – eine mit Transistortechnik ausgestattete siebte Version im Jahre 1974 folgte. Die Digitalisierung des Ondes Martenot von 1993 blieb eine Einzelleistung.⁵¹⁶ Bis in die 80er Jahre wurde das Instrument von der Familie Martenot angefertigt.⁵¹⁷

Betrachtet man die Entwicklung elektronischer Musikinstrumente insgesamt und nimmt dabei an, dass Martenot das Theremin gekannt und sich von dessen technischen Konzept hat inspirieren lassen, so könnte man zumindest anfänglich von einer Variation des Theremins, in den späteren Modellen des Ondes Martenots auch von einer Erweiterung sprechen. Sowohl die Verwendung von Heterodyn-Prinzip zur Tonerzeugung als auch der außergewöhnlichen Bedienungsweise zur Tonhöhenkontrolle waren bereits von Lev Termen angewandt worden. Verändert man die Perspektive und konzentriert sich lediglich auf die Anfertigung des Ondes Martenot und geht darüber hinaus von einer vollständigen Eigenleistung Martenots in der Konzeption der technischen Realisierung aus, so könnte man seine Leistung auch als neuartiges Instrument bezeichnen. Demnach hätte er zwar nicht das Tonerzeugungs-, dafür aber das Tonkontrollprinzip in eigener Leistung erdacht, ohne Wissen über die bereits erfolgte Umsetzung durch Lev Termen. Diese Annahme kann durchaus in Betracht gezogen werden, denn eine erstmalige Anwendung von Technologien in einem elektronischen Musikinstrument ist aus heutiger Perspektive zumeist nur sehr schwer nachvollziehbar. Diesbezüglich können Patente beispielsweise keine gesicherte Auskunft geben, nicht nur aus Gründen der Datierung. Die national übergreifenden Tätigkeiten von Bastlern und Konstrukteuren erschweren ebenfalls eine eindeutige Feststellung der erstmaligen Anwendung, was bereits von zeitgenössischen Journalisten bezüglich

⁵¹⁵ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1735.

⁵¹⁶ Vgl. Hugh Davis/Richard Orton: Art. *Ondes Martenot*, S. 409.

⁵¹⁷ Vgl. Peter Donhauser: *Wellen am Schnürchen*, S. 140.

der Konstruktionen Lev Termens und der hier nachfolgend erläuterten Konstruktionen Jörg Magers festgestellt wurde.⁵¹⁸

»Deutsche Patentanwälte schienen dem später wenig Rechnung zu tragen. Es fällt auf, dass auch bei anderen Patentierungen [...] nur oberflächlich recherchiert wurde: nahezu identische Entwicklungen wurden patentiert, obwohl die Varianten sich sowenig voneinander unterscheiden, dass sie eigentlich nicht patentwürdig waren. Zudem lässt sich die Priorität aus den Patentdaten dieser Zeit nur selten ablesen: Einreichung, Patentierung und Bekanntmachung liegen oft Jahre auseinander [...], die Daten (insbesondere das Einreichdatum) sind nicht immer explizit ausgewiesen.«⁵¹⁹

Des Weiteren verdeutlicht bereits Peter Lertes die Problematik der Datierung anhand unterschiedlicher nationaler Benennungen des Status von Patentanmeldungen, wie dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum, besonders aber bezüglich der Ausgabe, der Veröffentlichung oder der endgültigen Erteilung von Patenten.⁵²⁰ Zu diesen Problemen, die das Primat der Anwendung nicht eindeutig belegen sowie die international parallel mögliche Patentierung und die mangelnde Überprüfung der Neuartigkeit von Patentanträgen verdeutlichen, muss zudem die Funktion von Patenten beachtet werden. Patente selbst stellen lediglich die Möglichkeit einer Person oder eines Betriebes dar, sich eine Idee hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Verwertung sichern zu lassen. Allein mit den in Patentschriften enthaltenen Daten muss daher mit Bedacht umgegangen und bezüglich der Priorität einer Erfindung müssten zunächst tiefgehendere Nachforschungen angestellt werden, um eine gesicherte Aussage über Vorrichtungen elektroakustischer Instrumentenkonstruktionen machen zu können.

4) Sphärophon

Wie bereits bei den drei vorangegangenen Beispielen elektroakustischer Musikinstrumente, stellt auch der hier im Titel verwendete Name nicht die einzige Bezeichnung für ein bestimmtes Instrument dar. Dieses darf hier zudem exemplarisch stehen, als die bekannteste Konstruktion Jörg Magers, der im Laufe langjähriger Arbeiten unterschiedliche Instrumente verfertigt hat. Das Sphärophon ist seine erste, der Öff-

⁵¹⁸ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 24.

⁵¹⁹ Ebenda, S. 24 f.

⁵²⁰ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 192.

fentlichkeit bekannt gewordene Konstruktion und wurde seltener auch als ›Kurbelsphärophon‹ bezeichnet.⁵²¹ Es folgten weitere Instrumente wie das ›Kaleidophon‹ oder das ›Partiturophon‹. Dass Jörg Mager jedoch nicht bloße Quantität unterschiedlicher Instrumentenkonstruktionen schuf, sondern seinen Arbeiten allgemein eine hohe Qualität zugesprochen wurde, zeigt u.a. Magers Engagement bei den Bayreuther Festspielen unter Arturo Toscanini als Ersatz für die bis zu diesem Zeitpunkt verwendeten Glockenklaviere.⁵²² Nach zweijährigen Versuchen kam es 1933 zur Aufführung, allerdings nicht mit einem der Instrumente, sondern mit einer von Mager extra dafür angefertigten Vorrichtung.⁵²³

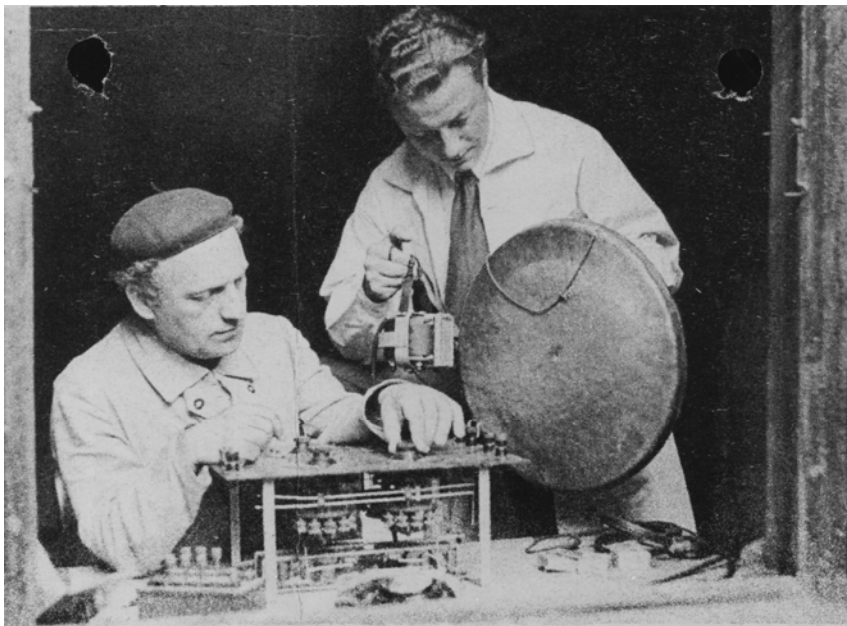


Abb. II-13: Jörg Mager mit einem Assistenten bei Versuchen mit einer Lautsprechermembran. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 03.

Seine Konstruktionsarbeiten an eigentlichen Instrumenten reichen bis ins Jahr 1921 zurück und waren, nach Magers eigenen Aussagen, motiviert durch die Beschäftigung mit Vierteltonintervallen.⁵²⁴ Durch seine Anstellung als Hilfsarbeiter der Firma Lorenz A.G. konnte er sich technisches Wissen aneignen, das er, unterstützt von der Künstlerhilfe der Stadt Berlin sowie durch Prof. Georg Schünemann, im Verlauf der 1920er Jahre zur Konstruktion seines Sphärophons anwendete.⁵²⁵ Die Tonhöhenkontrolle erfolgte mit Hilfe eines Kondensators, der durch zwei Kurbeln verstellt werden

⁵²¹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 27 ff.

⁵²² Vgl. ebenda, S. 200.

⁵²³ Vgl. ebenda, S. 201 f.

⁵²⁴ Vgl. ebenda, S. 23 f.

⁵²⁵ Vgl. ebenda, S. 27.

konnte, was dem Instrument, wie oben bereits erwähnt, die Bezeichnung ›Kurbelsphärophon‹ einbrachte.⁵²⁶ Auch Jörg Mager griff, wie Lev Termen und Maurice Martenot, auf das Heterodyn-Prinzip zurück und kombinierte es ebenfalls mit Lee de Forest Audion-Schaltung.⁵²⁷ Bereits 1926 war das Kurbelsphärophon jedoch aufgrund der problematischen Wiedergabe bzw. Spielweise zu einem ›Klaviatursphärophon‹ mit herkömmlicher Tonhöhenfixierung umgebaut worden und Magers Interesse verlagerte sich auf die Erzeugung verschiedener Klangfarben.⁵²⁸ In diesem Entwicklungsstadium kam Paul Hindemith mit dem Instrument in Kontakt und verfasste am 26. August 1926 ein Empfehlungsschreiben.⁵²⁹

Magers Wohnsitz in Berlin brachte ihm einerseits die Konkurrenz durch das Theremin mit dessen Aufsehen erregender Bedienung ein. Andererseits stand er damit in großer Nähe zum Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung sowie der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg und deren Professoren, wie beispielsweise Georg Schünemann und besonders Paul Hindemith, aber auch damaligen Viertelton-Interessierten, wie Alois Hába.⁵³⁰ Aufgrund seiner Bekanntheit in Expertenkreisen stand er in der Auswahl derjenigen Personen, die als Dozent an die Rundfunkversuchsstelle berufen werden sollten, die Ende der 1920er Jahre gegründet wurde.⁵³¹

⁵²⁶ Vgl. ebenda, S. 29 ff.

⁵²⁷ Vgl. ebenda, S. 24.

⁵²⁸ Vgl. ebenda, S. 32.

⁵²⁹ Dieses Empfehlungsschreiben ist heute noch in zwei Dokumenten im Bundesarchiv, Berlin-Lichterfelde zu finden: BArch R 55/1142 fol. 3 ff sowie BArch R 32/320 fol. 2.

⁵³⁰ Vgl. Jörg Mager: *Biographisches zum ›Sphärophon‹*, in: *Musik und Maschine, Sonderheft der Musikblätter des Anbruch* 8-9/IIIX (1926), S. 391. Zu den Arbeiten Alois Hábas und der Mikrointervallik vgl. den Abschnitt I.3.2) *Musikforschung*, S. 41–52 in dieser Untersuchung.

⁵³¹ Vgl. hierzu den Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 in dieser Untersuchung.



Abb. II-14: Jörg Mager an seinem Sphärophon. Aufgrund der Interaktionsform des Interpretieren mit dem Instrument über eine Kurbel zur Tonhöhengestaltung wurde dieses Instrument auch als Kurbelsphärophon bezeichnet. Diese Interaktionsform war noch das Resultat Magers Bestrebungen, Viertelöne erzeugen zu können. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 05.

Die zahlreichen Vorträge, die Mager hielt, führten zur gleichen Zeit zur Gründung der ›Gesellschaft für elektro-akustische Musik e.V.‹, deren Ziel es war, die Arbeiten Magers über drei Jahre zu fördern.⁵³² Allerdings »...verstand [Mager] es jedenfalls nicht, das Interesse, das ihm entgegengebracht wurde, dauerhaft zu nutzen.«⁵³³ Angebote zur Zusammenarbeit nahm er schlussendlich nicht an, ebenso fehlte das Sphärophon bzw. dessen weiterentwickelte Modelle häufig bei bedeutenden Ausstellungen, wie beispielsweise der Berliner Funkausstellung von 1932, für die das »...HHI [Heinrich-Hertz-Institut] [...] eine ganze Halle gemietet und auf der Bühne ein großes ›Elektrisches Orchester‹ zusammengestellt [hatte].«⁵³⁴

Eine bedeutsame Erweiterung des Sphärophons, das stets monophon spielbar war, stellte das sogenannte Partiturophon dar. Wie der Name bereits andeutet, war diese Erweiterung nun auch polyphon spielbar, allerdings in einer eigentümlichen Weise. »Nachdem er eine Erweiterung hinsichtlich einer polyphonen Spielweise innerhalb eines Manuals niemals ernsthaft in Betracht zog (der technische Aufwand hätte den technologischen Autodidakten hoffnungslos überfordert), versuchte Mager, Polyphonie durch Hinzufügen mehrerer monophoner Manuale zu erreichen.«⁵³⁵ Es ent-

⁵³² Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 40.

⁵³³ Ebenda, S. 42. Vgl. ebenso S. 205 ff.

⁵³⁴ Ebenda, S. 111.

⁵³⁵ Ebenda, S. 196.

stand ein Instrument mit vier Manualen und Pedale, womit die Möglichkeit zum fünfstimmigen Spiel gegeben war. Darüber hinaus konnten Klangfarben unabhängig voneinander für die Manuale und das Pedalwerk eingestellt werden.⁵³⁶ Dieses Modell konnte er unter anderem 1930 Richard Strauss vorstellen. Es wurde wahrscheinlich, nachdem es durch das damalige ›Staatliche Institut für Deutsche Musikforschung‹ erworben worden war, im Krieg zerstört.

Die konkreten und vielfältigen technischen Arbeiten Magers sind leider nur schwer nachvollziehbar. So bedeutend er als Pionier der elektronisch betriebenen Musikinstrumente, ganz besonders in Deutschland ist, so unglücklich erscheint der Verlauf seiner Arbeiten, sowohl hinsichtlich öffentlicher Präsentationen seiner Konstruktionen als auch seiner Anbindung an größere Forschungsinstitute oder die Industrie.



Abb. II-15a: Diese Fotografie zeigt Mager an seinem Partiturophon. Neben den drei Manualen ist auch die von Mager entwickelte Spieltechnik erkennbar, wobei eine Hand zugleich mehrere Manuale spielen kann. Damit konnte die Mehrstimmigkeit, gegeben durch mehrere Manuale und Pedale spieltechnisch genutzt werden. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 01.



Abb. II-15b: Magers Werkstatt mit unfertigem Instrument. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 09.

⁵³⁶ Vgl. ebenda.

6. Überleitung

Die Klasse von Instrumenten, die im weitesten Sinne elektrischen Strom zur Ton- und Klangerzeugung benötigen, konnte konkreter erfasst werden. Die terminologische Vielfalt an inhaltlich sich bisweilen überschneidenden und nicht klar voneinander abgegrenzten Bedeutungen konnte bezüglich konstruierter Instrumente reflektiert werden. Demzufolge erschien es sinnvoll, die häufig anzutreffende Bezeichnung ›elektroakustisches Musikinstrument‹ – in Analogie zum Begriff einer ›elektroakustischen Musik‹ – als umfassend zu deuten und in zwei Kategorien zu unterteilen. Als Unterscheidungskriterium für diesen Schritt konnte unter Anlehnung an bereits ausgeführte Untersuchungen das Kriterium der Frequenzerzeugung herangezogen werden. Daraus ergab sich die Möglichkeit, ein bereits etabliertes Kriterium zu einem ersten Differenzierungsschritt für elektroakustische Instrumente zu schaffen, die Nähe zu bereits bekannten organologischen Referenzrahmen konnte beibehalten werden. Der Systematik Thomas LeMar Rheas folgend, wurde zwischen sich bewegenden Körpern und in elektrotechnischen Schaltungen schwingenden Elektronenfluss unterschieden wonach die begriffliche Differenzierung unterschiedlicher Klangerzeugungsprinzipien durch die Bezeichnungen ›elektromechanische‹ und ›elektronische‹ Instrumente erfolgte. Daraus ergibt sich für das Trautonium, dem sich der nachfolgende Teil der vorliegenden Untersuchung widmen wird, dass es zur Gruppe der elektronischen Instrumente gezählt werden muss, da es keinerlei mechanisch schwingende Tonerzeuger verwendet. Die Schwingung von Elektronen selbst wird genutzt, um mit Hilfe weiterer elektronischer Bauteile einen Ton bzw. Klang entstehen zu lassen.

Die Bezeichnung eines Instrumentes als ›elektronisches‹, ›elektromechanisches‹ oder ganz allgemein als ›elektroakustisches‹ führt, wie die terminologischen Überlegungen im ersten Teil der vorliegenden Untersuchung nahelegen, zu einer Fokussierung des technologischen Aspektes. Anhand zahlreicher Innovationen, wie sie an herkömmlichen Musikinstrumenten vorwiegend im Verlauf des 19. Jahrhunderts aufgezeigt werden konnten, ist ein zunehmendes Eindringen von naturwissenschaftlichen Erkennt-

nissen und technischen Vorrichtungen zu verzeichnen. Sowohl in der, anhand von Instrumentenkonstruktionen ablesbaren Erscheinungsform von Erweiterungen oder Variationen als auch in Form einer Konzeption von Instrumenten zu komplexen Konstellation unterschiedlicher musikalischer Anforderungen, vollzog sich ein Transfer von Technologien einerseits im Musikinstrumentenbau, andererseits auch abseits von dessen Strukturen. Neuartige Technologien fanden ihre Anwendung bei der Anfertigung herkömmlicher Instrumente in einer chromatischen Vervollständigung und Ausweitung ihres Tonvorrates. Des Weiteren wurden besonders durch neuartige Konzeptionen Versuche unternommen, neue Tonregister und Klangfarben zu erschließen, wie es am Beispiel der Ophikleide sowie dem Euphon und dem Clavicylinder gezeigt werden konnte. Der Transfer von technischem Wissen und technischen Vorrichtungen lag bezüglich der beiden letztgenannten Instrumente durch die Vereinigung der Interessensfelder der Akustik und des Musikinstrumentenbaus in der Person Ernst Florens Friedrich Chladni besonders nahe. Ebenso erfolgte ein Technologietransfer auch in der Konstruktion mechanischer Musikinstrumente, um konkrete Leistungsaspekte zu verbessern. Dabei erfuhren vor allem die Speicherung bzw. Aufzeichnung vielfältige Erweiterungen, wodurch bereits mechanische Instrumente als Vorläufer oder frühe Erscheinungsformen von Medien aufgefasst werden können. Im Zuge der optimierenden Innovationen wurde zunächst auf Technologien aus der Textilproduktion zurückgegriffen, deren Funktionalität sich bereits bewährt hatte. Die Verwendung von Lochpapierstreifen verbesserte die Wiedergabedauer und die Wiedergabequalität. Als Folge und weitere Verbesserung eines Leistungsaspektes wurden die Wege der Kraftübertragung in mechanischen Musikinstrumenten sowie in den Vorsätzen für Klaviere durch pneumatische, dem Orgelbau entlehnte Vorrichtungen diesem Potenzial angeglichen. Ein Kraftspeicher bzw. Energielieferant besonders in Form von Batterien bzw. Elektromotoren ermöglichte derartige Leistungsverbesserungen in permanenter Form und eröffnete bezüglich der Orgel eine neuartige Handhabungsmöglichkeit der verschiedenen Register und damit des spezifischen Instrumentenklanges. Erst mit der Verbreitung des Phonographen und des Grammophons lösten sich Speicherung und Wiedergabe von klangerzeugenden Instrumentenmechanismen. Das Repertoire der durch eine einzige Vorrichtung abspielbaren Musik weitete sich somit auf prinzipiell sämtliche Formen akustischer Ereignisse aus.

Unter Einbeziehung stets neuer elektrotechnischer Entwicklungen vollzog sich ab den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts als weiterer Schritt die Beeinflussung der klanglichen Charakteristika, besonders von Klavieren. Damit wurde eine neue Möglichkeit zur Manipulation des herkömmlichen Instrumentenklanges eröffnet und zugleich der Bereich elektromechanischer Klangerzeugung betreten, indem herkömmlich hervorgebrachte, mechanische Schwingungen durch elektromagnetische Vorrichtungen beeinflusst werden konnten. Zahlreiche Versuche, motiviert aus Fortschrittsbestrebungen der Kommunikationstechnik, stellten Konstruktionen dar, die zwischen Signalübertragung und einfacher Tonerzeugung stehen. Durch die Einbeziehung von physikalischem Wissen über die Beschaffenheit von Tönen und Klängen sowie das technische Hilfsgerät des Motors konnte in der Folge die mechanische durch eine elektrotechnisch hervorgebrachte Schwingung ersetzt werden, wie es am Telharmonium exemplarisch dargestellt werden konnte. Dabei war die Konzeption künstlicher Klangfarbengestaltung einerseits, aber auch die Möglichkeit der Erzeugung von hohen Energieleistungen zur Übertragung durch Telefonleitungen andererseits ein ausschlaggebendes Moment. Die durch elektrotechnische Schaltelemente erstellten Schwingkreise, in denen Elektronen mit kontrollierbarer Geschwindigkeit und Energie in periodische Bewegung gebracht werden können, erlaubten zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Konstruktion von Tonerzeugern, die ohne jegliche mechanisch bewegte Körper auskamen. Der Bereich rein elektronischer Klangerzeugung wurde erschlossen. Besonders ab der Verfügbarkeit von Elektronenröhren und deren unterschiedliche Varianten, konnte die Qualität und Kontrollierbarkeit derartig hervorgebrachter Schwingungen wesentlich verbessert werden, wobei abermals die Kommunikationstechnik wesentliche technologische Impulse gab. Erste Instrumentenkonstruktionen dieser Art zeichnen sich zunächst dadurch aus, dass sie von Einzelpersonen konstruiert und auch präsentiert wurden. Darüber hinaus verwendeten Theremin, Ondes Martenot und das Sphärophon sowie einige weitere Konstruktionen Magers, das Heterodyn-Prinzip der Schwingungserzeugung. Neben dem Wissen über akustische Phänomene und den technologischen Vorrichtungen zu deren Erzeugung, standen besonders bei den Konstruktionen Magers, die er zunächst in Berlin anfertigte, auch ästhetische Aspekte des beginnenden 20. Jahrhunderts Pate für manche konzipierte musikalische Charakteristika. Dabei sind besonders die Möglichkei-

ten der Mikrointervallik, zutreffend für alle drei genannten Konstruktionen, sowie der Vereinigung unterschiedlicher Klangfarben in einem Instrument hervorzuheben, wie es schließlich das Partiturophon Magers vollbringen konnte.

Das Trautonium ist das jüngste dieser elektronischen Instrumente. Daher mag es wenig verwunderlich erscheinen, wenn es sämtliche, eben angeführte musikalischen Aspekte zu vereinen vermochte. Doch eine genauere und ausführliche Betrachtung seiner Entstehung und funktionalen Charakteristika, in ihren Wurzeln aus heutiger Perspektive nicht mehr vollständig erfassbar, erhellt Details, die es sowohl als Zeitgenosse der in den 20er Jahren erfolgten Beispiele elektronischer Musikinstrumente darstellen, wie auch als ein, bis weit in die 1950er Jahre hinein verbessertes und erweitertes Instrument.

III. Das Trautonium: Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte

Kaum ein anderer Vertreter der elektroakustischen Musikinstrumente weist eine so langanhaltende Wandlungsgeschichte auf, wie das Trautonium. Aus heutiger Perspektive haben in der Tat lediglich Theremin, Ondes Martenot und das Trautonium Jahrzehnte hindurch bestanden. Noch enger gefasst kann sogar festgestellt werden, dass diese Instrumente durchaus noch verbreitet sind. In den Vereinigten Staaten werden noch Bausätze des Theremins zum Kauf angeboten. Mittlerweile ist dessen Röhrentechnologie durch digitale Funktionseinheiten ersetzt worden und macht das Instrument zu einem relativ preiswerten Objekt für Bastel- und Technikfreunde oder Musikinteressierte.⁵³⁷ Wissenschaftlich motiviert ist dagegen der Versuch, historische Theremin-Instrumente zu registrieren und zu erhalten, wie er von Andrew Baron und Mike Buffington unternommen wird.⁵³⁸ Im Gegensatz zum Trautonium ist das Theremin aufgrund seiner einfacheren Konstruktionseigenschaften sowie seiner Aufsehen erregenden Handhabung auch heute noch relativ leicht verkäuflich. Darüber hinaus begünstigt seine Rezeptionsgeschichte in den Vereinigten Staaten das heutige Interesse, wurde es doch nicht nur ab 1927 durch Vorführungen Lev Termens, später auch Lucie Bigelow Rosens sowie Clara Rockmores und der im darauf folgenden Jahr beginnenden Produktion und Vermarktung durch RCA rezipiert und verbreitet. Die Rezeption blühte auch nach 1950 wieder auf.⁵³⁹ Das Ondes Martenot hingegen war über lange Zeit hin Bestandteil der fakultativen Ausbildung am Pariser Konservatorium und wird besonders in Frankreich bis heute noch in Orchestern eingesetzt.⁵⁴⁰ Im Gegensatz dazu werden heute keine Trautoniummodelle mehr in großer Serie gebaut und angeboten. Es findet sich allerdings ein kleiner Kreis von Bastlern und spe-

⁵³⁷ Über die Internetseite <http://www.thereminworld.com> können Bausätze und fertige Modelle erworben werden. Teurere und technisch vielseitigere Modelle sind bei Moogmusic, bzw. über die Internetseite <http://www.moogmusic.com> zu erwerben. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁵³⁸ Vgl. Internetseite des Projektes RCA-Theremin: <http://www.rcatheremin.com>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁵³⁹ Vgl. den Abschnitt II.5.2) *Theremin*, S. 186–191 in dieser Untersuchung.

⁵⁴⁰ Vgl. zu Details über Konstruktion und Einsatz des Ondes Martenot die Ausführungen im Abschnitt II.5.3) *Ondes Martenot*, S. 191–195 in dieser Untersuchung.

zialisierten Firmen, die durchaus noch Trautonien nachbauen.⁵⁴¹ Für die Ausstellung *Zauberhafte Klangmaschinen* des *Instituts für Medienarchäologie* konnte ein Auftrag zum Nachbau des Mixturtrautoniums durch die Firmen Doepfer Musikelektronik GmbH und Hauk Museumstechnik vergeben werden.⁵⁴² Das Beispiel des Mixturtrautoniums sollte allerdings nur bedingt als tatsächlicher Vergleichsfall mit der oben umrissenen, heutigen Verbreitungslage des Theremins herangezogen werden. Das liegt vor allem an dem großen Unterschied hinsichtlich der Komplexität beider Instrumente, ohne dass dabei ein Urteil über ihre jeweilige Qualität gefällt sei. Allein schon die zahlreichen Bedienungselemente wie Pedale, Manuale und Schaltermodule lassen den größeren Konstruktionsaufwand des Trautoniums gegenüber dem Theremin erahnen. Allerdings stellt das Mixtur-Trautonium das letzte Modell der tatsächlich realisierten Trautonien dar. Bisher sind insgesamt sechs verschiedene Trautoniummodelle bekannt. Darüber hinaus existierten einige Erweiterungen und nicht fertig gestellte Typen.⁵⁴³ Die beiden Modelle des RVS-Trautoniums wären hinsichtlich ihres technischen Aufwandes am ehesten noch mit dem Theremin vergleichbar. Das heutige Interesse liegt, zumindest was Nachbauten betrifft, jedoch überwiegend auf dem Mixturtrautonium, was wiederum auf die Popularität eben dieses Modelles als Resultat der in den 1980er Jahren neu einsetzenden Sala-Rezeption zurückzuführen ist.⁵⁴⁴ Die bisherigen Nachbauten von Trautonien bestärken aufgrund ihrer Konstruktion sowie ihres Entstehungszeitraumes diese Vermutung.⁵⁴⁵ Im Gegensatz zur Verbreitung des Trautoniums als Musikinstrument scheint seine Verbreitung in Artikeln und Abschnitten unterschiedlicher Untersuchungen und Darstellungen wesentlich größer zu sein.

⁵⁴¹ Vgl. hierzu folgende Internetauftritte: Restauration eines Volkstrautioniums durch Rolf Meurer: <http://www.midisoft.de/>. Trautoniumbau Jürgen Hiller: <http://www.trautoniks.de>. Sowie Wolfgang Müllers Nachbau *Trautonium 2000 MK2* (mit Unterstützung durch Jürgen Hiller) unter <http://www.trautonium2000.de>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁵⁴² Vgl. Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008. Vgl. besonders die Darstellung des Mixturtrautonium, S. 148.

⁵⁴³ Vgl. zu den verschiedenen Modellen der Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds am Deutschen Museum München: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/trautonium/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. Vgl. darüber hinaus die Beschreibungen der Modelle den Abschnitt III.6. *Salas Arbeiten am Trautonium* S. 278–314 in dieser Untersuchung.

⁵⁴⁴ Vgl. hierzu den folgenden Abschnitt, III.1. *Das Trautonium in wissenschaftlichen Publikationen*, S. 206–209 in dieser Untersuchung.

⁵⁴⁵ Vgl. hierzu Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte* S. 148. Vgl. darüber hinaus die in Fußnote 541 genannten Internetauftritte.

1. Das Trautonium in wissenschaftlichen Publikationen

Einzelne Erwähnungen des Trautoniums finden sich, verglichen mit anderen elektroakustischen Musikinstrumenten, in der Tat häufig in fachlicher, wie auch wissenschaftlicher Literatur.⁵⁴⁶ Zunächst nahm die Rezeption nach 1945 ab, so dass Oskar Salas wesentliche Arbeiten mit dem Instrument, besonders auf dem Gebiet der Filmmusik, »...nahezu unbemerkt von der Öffentlichkeit [erfolgten]. Das änderte sich erst, als er 1990 anlässlich seines 80. Geburtstages, gewissermaßen öffentlich wiederentdeckt wurde.«⁵⁴⁷ Die bisherigen Publikationen geben, wenn man sich einen Überblick verschafft, ein Bild der Person und des Instrumentes, das bei kritischer Betrachtung an Schärfe einbüßt. In Darstellungen, die sich allgemein auf sogenannte ›elektronische Musik‹ konzentrieren, werden das Trautonium und Oskar Sala als Wegbereiter, prinzipiell als letzte Entwicklungsstufe des freien kulturellen Schaffens vor der Unterbrechung durch den Nationalsozialismus und den zweiten Weltkrieg, genannt. Nach 1945 nehmen die *musique concrète* und nur wenig später die elektronische Musik aus dem *Kölner Studio* des damaligen NWDR den Mittelpunkt des musikwissenschaftlichen Fokus ein, der auf das Gebiet der elektroakustischen Musik gerichtet war.⁵⁴⁸ Dies mag unter anderem dem Umstand zuzuschreiben sein, dass eine terminologische Trennung und ein daraus resultierendes wissenschaftliches Bewusstsein sich erst seit dem letzten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts herauszubilden begannen. Die überwiegende Zahl von Publikationen des Trautoniums sind aufgrund der Darstellung als eine Vorgeschichte innerhalb der elektronischen Musik bzw. auch der Ge-

⁵⁴⁶ Einen ersten Überblick über die Literatur gibt der Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/oskar-sala/literatur/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁵⁴⁷ André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 73 f.

⁵⁴⁸ Diese Form der Darstellung des Trautoniums trifft beispielsweise zu für: Werner Meyer-Eppler: *Elektrische Klangerzeugung: Elektronische Musik und synthetische Sprache*. Hermann Danuser: *Die Musik des 20. Jahrhunderts*. Thomas Holmes: *Electronic and Experimental Music*, New York 1985. André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*. Martin Supper/Elena Ungeheuer: *Art. Elektroakustische Musik*. Joachim Stange-Elbe: *Das andere Musikinstrument. Vom elektrischen Spielinstrument zum Synthesizer*. Darüber hinaus findet sich das gleiche Problem findet sich auch in der englischsprachigen Literatur wieder, wobei hier lediglich die wichtigsten Beispiele aufgeführt seien: Otto Luening: *Origins*, in: Jon H. Appleton: *The development and practice of electronic music*. Hugh Davis: *Art. Electronic Instruments*. Nick Collins/Julio d'Escriván: *The Cambridge Companion to Electronic Music*. Joel Chadabe: *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*.

schichte der elektroakustischen Musik insgesamt, eher knapp gehalten. Die meisten Artikel, die sich allein mit dem Trautonium und Oskar Sala beschäftigen, scheinen in der Tat eine Folge der von Ruschkowski erwähnten Wiederentdeckung zu sein, was an ihrem Zeitpunkt der Veröffentlichung ablesbar wird. Aufgrund der jeweiligen formalen Einschränkungen solcher Artikel, fehlt überwiegend eine ausführlichere Reflexion und Kontextualisierung der darin beschriebenen Einzelheiten. Häufig entstanden Artikel nach persönlichen Kontakten mit, sowie Besuchen der Autoren bei Oskar Sala in dessen Studio und beinhalten daher zahlreiche Verweise auf persönliche Aussagen. Eine wissenschaftlich fundierte Nachvollziehbarkeit, die eine kritische Prüfung der Fakten und Tatsachenberichte ermöglicht, wird in solchen Fällen häufig vernachlässigt, um andererseits den Konzepten einer Oral History folgend der Person Oskar Salas Gelegenheit zur Darstellung aus der Perspektive eines Zeitgenossen zu geben. Eine solche Arbeit gewinnt in der Tat insofern besonders an Wert, als in Sala ein außergewöhnlicher Zeuge erreichbar gewesen ist, der verbunden war mit den großen Persönlichkeiten sowie den Vorgängen an der Musikhochschule Berlin-Charlottenburg, noch bevor der Nationalsozialismus das reiche Schaffen so tiefgreifend unterband. Darüber hinaus konnte er bis in die 1990er Jahre hinein am Instrument durch sein virtuosos Spiel beeindrucken. Somit rückte er als einziger Interpret eines einzigartigen Instrumentes, dem eine gewisse Archetypologie anhaftete, in das Bewusstsein der Öffentlichkeit. Diese durchaus zutreffende Eindrucksbildung scheint häufig das motivierende Moment der überwiegenden Zahl kleinerer Publikationen gewesen zu sein.

Die bislang einzige Monographie über Oskar Sala scheint das von Peter Frieß herausgegebene Buch *Oskar Sala. Pionier der elektronischen Musik* zu sein.⁵⁴⁹ Allerdings handelt es sich dabei um einen ausführlichen Bildband mit hochwertigen Fotografien, besonders bezüglich der Arbeiten zur Beschallung der Sonnenfinsternis auf dem Karlsruher Schlossplatz 1999 sowie in seinem Studio, angefertigt von Peter Badger.⁵⁵⁰ Lediglich das einleitende Interview stellt einen, vergleichsweise jedoch geringfügigen

⁵⁴⁹ Vgl. Peter Frieß (Hrsg.): *Oskar Sala. Pionier der elektronischen Musik*, Göttingen 2000.

⁵⁵⁰ Vgl. ebenda. Der Bildteil dieses Bandes enthält zwei, mit ›Reise Journey‹ und ›Studio Studio‹ überschriebene Abschnitte. Zu der Arbeit Salas in Karlsruhe gibt es zusätzlich eine Videoaufzeichnung mit dem Titel *Oskar Sala - Sonnenfinsternis 1999 - Karlsruhe Schlossplatz - Solar Eclipse* unter: <http://www.youtube.com/watch?v=jj0C7icxYvA>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

Textteil dar. Aus wissenschaftlicher Perspektive ergibt sich in diesem exemplarischen Fall das Problem, das auch auf die meisten Publikationen über Oskar Sala und das Trautonium zutrifft. Zunächst ist festzuhalten, dass eine musikwissenschaftliche Herangehensweise nicht der Anspruch dieser Publikation ist, was auch durch die Tatsache unterstrichen wird, dass der vollständige Band unpaginiert ist. Die ästhetisch wertvolle ikonographische Dokumentation steht im Vordergrund, die Sala als einen der letzten noch lebenden – der Bildband erschien im Jahr seines 90. Geburtstages – Teilnehmer eines geschichtlichen Wandels zu zeigen versucht. Das Interview selbst stellt eine Sammlung von Fragen nach Begriffen und historischen Begebenheiten dar, die dem interessierten Leser einerseits fundamentale Fakten und Termini, wie beispielsweise die Namensgebung des Mixturtrautoniums oder den Begriff der ›Subharmonischen‹ näher bringen soll. Andererseits wird auch ein Überblick der Entstehungsgeschichte aus der Perspektive des Zeitzeugen und einzigen Interpreten selbst gegeben. Dabei richtet sich der Fokus auf die Arbeit Salas, der Elektrotechnik und Akustik zu gewünschten musikalischen Eigenschaften in der späteren Konstruktion seines Mixturtrautoniums zu vereinen verstand. Da jedoch Salas Antworten zu den gestellten Fragen nicht weiter erläutert oder kontextualisiert werden, ergibt sich das Problem der Präsentation zum Teil hoch spezifischen Fachwissens, das zwar in prinzipiell einfacher Sprache erfolgt. Durch diesen Umstand aber sollte der fachlich interessierte Leser sich nicht darüber hinweg täuschen lassen, dass das darin enthaltene Wissen zwar dokumentiert und damit auch übermittelt, nicht aber vermittelt wird. Verschafft man sich einen Überblick über die Inhalte weiterer Publikationen, wird man häufig eben diesen Aspekt als ein Charakteristikum der Arbeiten zu Oskar Sala und dem Trautonium feststellen. Zum einen ist dieser Umstand auf die vielfältigen physikalischen Erkenntnisse, die hinter der Konstruktion stehen, zurückzuführen. Zum anderen wird zumeist die direkte Begegnung mit Oskar Sala in den Mittelpunkt gestellt und eine gewisse Distanz nicht konzipiert, die für wissenschaftliche Objektivität potenziell gewinnbringend sein kann.

Aus diesen Gründen wird im folgenden Abschnitt, soweit es überhaupt noch möglich ist, auf Informationsquellen zurückgegriffen werden, die möglichst zeitnah mit den jeweils erläuterten Vorgängen entstanden sind. Diesbezüglich stellt der Nachlass Oskar Salas, der im Deutschen Museum München archiviert ist, eine äußerst bedeu-

tende und umfangreiche Quelle dar. Im Gegensatz dazu verbleiben nach der Durchsicht des Archiv-Bestandes der Universität der Künste, der früheren ›Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik Berlin Charlottenburg‹ nur wenige Dokumente. Sämtliche noch erhaltene Dokumente der Rundfunkversuchsstelle sind in den Beständen 1b, Nr. 1 bis 14 erhalten, wovon wiederum lediglich ein sehr geringer Teil sich auf die tatsächliche Entwicklungsarbeit um das Trautonium bezieht. Indirekt allerdings geben konzeptionelle Überlegungen, erhalten in Briefwechseln zwischen Georg Schünemann und dem Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, Aufschluss über die grundlegende Ausrichtung der Rundfunkversuchsstelle. Die beiden Publikationen aus Trautweins eigener Hand stellen somit sehr wertvolle Quellen für eine Erforschung der frühen Entstehungsphasen des Trautoniums dar. Sie finden sich in dem 51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik unter dem Titel *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik* sowie im ersten – und einzigen – Band der ›Veröffentlichungen der Rundfunkversuchsstelle bei der Staatlichen akademischen Hochschule für Musik‹ mit dem Titel *Elektrische Musik*.⁵⁵¹ Darüber hinaus sind zwei weitere Publikationen wertvolle Zeitzeugen zur Entstehung und Konzeption. Zum einen handelt es sich dabei um den 17. Band der ›Deutschen Radio-Bücherei‹ mit dem Titel *Das Trautonium* von Joachim Winkelmann, zum anderen um die von Trautwein herausgegebene, unter Mitarbeit von Paul Hindemith und Oskar Sala entstandene *Trautonium Schule* von 1933.⁵⁵² Während Winkelmann den Schwerpunkt seiner Darstellung auf die elektrotechnische Ausführung der Konstruktion legt, steht bei der *Trautonium Schule* natürlicherweise die Gestaltung der Bedienungselemente und die Spielmöglichkeiten des ersten Serienmodells, dem Telefunken-Trautonium, im Zentrum der Darstellung, gefolgt von spielpraktischen Anweisungen.

⁵⁵¹ Friedrich Trautwein: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, in: Georg Schünemann (Hrsg.): *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 30 – 34. Ders.: *Elektrische Musik* (= Veröffentlichungen der Rundfunkversuchsstelle bei der Staatlichen akademischen Hochschule für Musik 1), Berlin 1930.

⁵⁵² Joachim Winkelmann: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument* (= Deutsche Radio-Bücherei 17), Berlin 1930. Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, Mainz 1933.

2. Die Anfänge Friedrich Trautweins

Der Erfinder und Namensgeber des Trautoniums, Friedrich Trautwein, wurde 1888 in Würzburg als Sohn eines Pfarrers geboren und promovierte an der Technischen Hochschule Karlsruhe 1921 zum Doktor-Ingenieur.⁵⁵³ Als Hobbyorganist konnte er musikalische Erfahrungen sammeln, bevor er »...als Postrat des Reichspost-Zentralamtes federführend an der Entwicklung des ersten deutschen Rundfunksenders beteiligt war [...].«⁵⁵⁴ Die ersten institutionalisierten Aussendungen eines Programmes über den Rundfunk erfolgten bereits zwei Jahre später. Neben Berlin wurden in acht weiteren »...Großstädten des Reiches regionale Programmgesellschaften gegründet [...], die zwischen dem 29. Okt. 1923 und dem 10. Okt. 1924 über Mittelwelle ihre Sendungen aufnahmen.«⁵⁵⁵ Im Widerspruch zu der bei Friederike Wissmann gefundenen Aussage, Trautwein hätte seit 1923 »...seine Arbeit der elektrischen Klangerzeugung [gewidmet] ...«⁵⁵⁶ steht die Datierung seiner ersten Patenterteilung. Sie erfolgte bereits am 5. Dezember 1922 mit der Nummer DRP 462980 unter dem Titel »Einrichtung zur Schwingungserzeugung mittels Elektronenröhren.«⁵⁵⁷ Dieses Patent »...entspricht bis auf die Tastenwiderstände dem Patent Lee de Forests.«⁵⁵⁸ Es ist somit eines der Beispiele dafür, dass eine Mehrfachanmeldung der gleichen oder zumindest einer beinahe identischen Erfindung bzw. Entwicklung in unterschiedlichen Ländern durch unterschiedliche Personen erfolgen konnte, ohne dass zwingend eine Absicht der Vorteilsnahme angenommen werden kann.⁵⁵⁹ Eine solche Annahme wäre in diesem Fall insofern wenig zuträglich für die hier erstrebte Darstellung, da dieses erste Patent Trautweins keine charakteristische Relevanz für die später erfolgte Entwicklung des Trautoniums haben sollte und darüber hinaus keine »...Anwendung

⁵⁵³ Vgl. Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 16, Kassel u.a. 2006, Sp. 1013.

⁵⁵⁴ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 42.

⁵⁵⁵ Ansgar Diller: Art. *Rundfunk und Fernsehen*, Sp. 613.

⁵⁵⁶ Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, Sp. 1013.

⁵⁵⁷ Diese und nachfolgende Informationen zu Patenten sind, sofern nicht anders angegeben, der ausführlichen Liste von Patenterteilungen aus dem jeweiligen Anhang bei Peter Lertes und Peter Donhauser entnommen. Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 195 ff. Darüber hinaus Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 272 ff.

⁵⁵⁸ Ebenda, S. 43.

⁵⁵⁹ Vgl. zur Problematik der mehrfachen Patenterteilung in unterschiedlichen Ländern Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 24 f. Darüber hinaus vgl. die Erläuterungen hierzu im Abschnitt II.5.3) *Ondes Martenot*, S. 191–195 in dieser Untersuchung.

für Musikinstrumente in den 1920er Jahren [...] nachweisbar [ist].«⁵⁶⁰ Weit größere Relevanz hat allerdings bereits Trautweins zweites Patent sogar bis heute behalten. Schon zwei Jahre später, am 4. April 1924 wurde es ihm mit der Nummer DRP 469775 und dem Titel ›Verfahren zur Erzeugung musikalischer Töne bestimmter Klangfarbe‹ erteilt.⁵⁶¹ Die beschriebene Schaltung Trautweins ist in ihrer Funktionsweise in der Tat weitreichend und das darin enthaltene Prinzip wurde konstituierend bei der Erzeugung verschiedener Klangfarben mit Hilfe des Trautoniums sowie weiterer, heute noch verwendeter Vorrichtung. Es handelt sich dabei um eine der ersten Beschreibungen »...elektrischer Resonanzfilter [...], die aus einem obertonreichen Tonangebot (mit einer übersteuerten Elektronenröhre erzeugt) verschiedene Klangfarben formen sollten.«⁵⁶² Trautwein selbst beschreibt später die Wirkung seiner Schaltung in seiner Publikation *Elektrische Musik* von 1930. »Das Patent besagt u.a., daß aus einem harmonischen Schwingungsgemisch die zur Klangsynthese erforderlichen Partialschwingungen zunächst durch Resonanzkreise ausgesiebt und danach in bestimmten Amplitudenverhältnissen gemischt werden sollen.«⁵⁶³ Damit war neben der bis dahin bekannten und bereits angewendeten Methode, Klangfarben künstlich nachzuempfinden, ein zweiter Weg eröffnet. In seiner *Lehre von den Tonempfindungen* hatte Hermann von Helmholtz bereits 1863 die Möglichkeit beschrieben, die Tahddeus Cahill zur künstlichen Erzeugung der Klangfarben seines Telharmoniums und später seines Dynamophons heranziehen sollte. Indem sich mehrere Schwingungen überlagern, können Klangfarben durch die Mischung bestimmter Frequenzen, wobei die wahrgenommene Tonhöhe der tiefsten Frequenz dieses Gemisches entspricht, künstlich erzeugt werden.⁵⁶⁴ »Durch Addition unterschiedlicher, sinusförmiger Schwingungen kann eine Klangfarbe generiert werden. Sie wird auch additive

⁵⁶⁰ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 43 f.

⁵⁶¹ Vgl. ebd., Liste der Patenterteilungen, S. 280.

⁵⁶² Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 44. In der Tat nennt Peter Lertes neben Trautweins Patentanmeldung ein amerikanisches Patent B.W. Kendalls mit der Patentnummer 1530498, erteilt am 24. März 1925, das bereits 1917 beantragt wurde und ebenfalls die subtraktive Klangsynthese beschreibt. Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 131. Inwiefern Trautwein diese Anmeldung bekannt war, ist aus heutiger Perspektive allerdings nicht mehr nachvollziehbar. Ebenso kann an dieser Stelle nicht darauf eingegangen werden, inwiefern Kendalls Patent elektrotechnische Instrumentenkonstruktionen nach sich zog, wie es Trautweins Patent beschert war. Zudem wurde Trautweins Patent knapp ein Jahr früher erteilt, womit ihm die Verwertungsrechte dieser Idee zuerst zugesichert wurden.

⁵⁶³ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 11.

⁵⁶⁴ Vgl. zu den akustischen Erkenntnissen Hermann von Helmholtz' den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung. Darüber hinaus den Abschnitt II.5.1) *Telharmonium*, S. 180–195.

Klangsynthese [bzw. Fouriersynthese] genannt und gilt als Urmodell aller Klangsyntheseverfahren«. ⁵⁶⁵ Friedrich Trautweins zweites Patent beschreibt hingegen erstmals – zumindest in Deutschland – den umgekehrten Weg, nämlich die Möglichkeit der heute sogenannten subtraktiven Klangsynthese, womit »...Teiltöne existierender Klangfarben mit Hilfe von einem oder mehreren Filtern abgeschwächt oder eliminiert werden.« ⁵⁶⁶ Das Prinzip von Filtern bzw. der subtraktiven Klangsynthese findet sich später noch in dem von Herbert Eimert und Hans Ulrich Humpert herausgegebenen *Lexikon der Elektronischen Musik* sowie weiteren Publikationen erläutert. ⁵⁶⁷ Mit dem Trautonium sollte Friedrich Trautwein die Konstruktion des ersten Instrumentes gelingen, womit er diese neue Klangsynthese aus der Theorie in die Praxis überführen konnte. Zwar begann auch Jörg Mager in seinen weiterentwickelten Konstruktionen nach dem Sphärophon sich von den Mikrotönen ab- und der Hervorbringung unterschiedlicher Klangfarben hinzuwenden. ⁵⁶⁸ Allerdings lässt sich anhand der bei Donhauser aufgeführten Patente, die auch diejenigen Jörg Magers beinhalten, feststellen, dass sein Patent DRP 572173, mit dem Titel »Einrichtung zur Erzeugung von Klangfarbeneffekten bei Musikinstrumenten mit elektrischer Tonerzeugung«, erteilt am 23. April 1932, das einzige ist, dessen Titel auf Klangfarbenhervorbringung hinweist. ⁵⁶⁹ Bereits in der Publikation von Peter Lertes wird die Klangfarbenerzeugung bei Mager, allerdings lediglich in knapper Form, erläutert: »Die Klangfarbe der erzeugten Töne wird durch die verschiedensten Mittel, wie Überrückkopplung, Zuschalten von Sieb- und Sperrketten, Gleichstromvormagnetisierung von Transformatoren und Drosselspulen und die Verwendung von Lautsprechern mit verschiedenen Eigenschwingungen, geändert.« ⁵⁷⁰ Diese zeitgenössische Beschreibung deutet auf die Verwendung des Prinzips von Filtern bzw. der subtraktiven Klangsynthese hin. Wann

⁵⁶⁵ Martin Supper: *Elektroakustische Klangerzeugung und ihre Instrumente*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 341.

⁵⁶⁶ Ebenda, S. 345. Peter Lertes erwähnt eine amerikanische Patentanmeldung von B. W. Kendall aus dem Jahre 1917, die auf gleiche Weise Klangfarbenerzeugung ermöglichen soll, jedoch erst 1925 ausgegeben wurde. Vgl. ders.: *Elektrische Musik*, S. 131.

⁵⁶⁷ Vgl. Stichwort *Filter* in: Herbert Eimert/Hans Ulrich Humpert: *Das Lexikon der elektronischen Musik*, Regensburg 1973, S. 93. Vgl. ebenso Hugh Davis: Art. *Filter*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London ²2001, S. 817. Darüber hinaus bei Thomas Holmes: *Electronic and experimental Music*, S. 18.

⁵⁶⁸ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.4) *Sphärophon*, S. 195–199 in dieser Untersuchung.

⁵⁶⁹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 277.

⁵⁷⁰ Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 164.

Mager mit derartigen Arbeiten begann und inwiefern er hierbei auf das Trautweinsche Patent zurückgriff oder sich mit eigenen unpatentierten Vorrichtungen behelf, kann in dieser Untersuchung nicht weiter verfolgt werden.

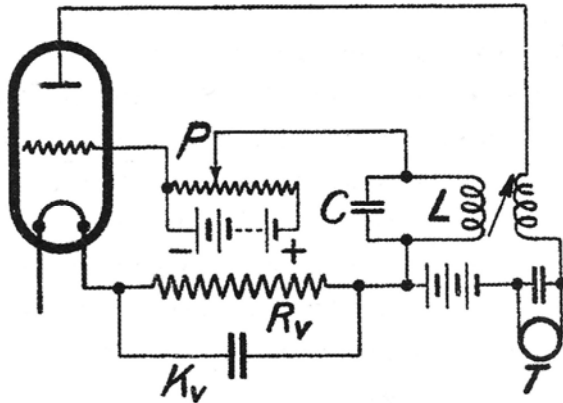


Abb. III-1: Grundsaltung aus dem Patent DRP 462980 Friedrich Trautweins. Durch die Rückkopplung des Schwingkreises aus dem Kondensator C und der Spule L über das Potentiometer P auf das Gitter der Röhre, wird er frequenzbestimmend. Zur Unterdrückung von Nichtlinearitäten dienen der Widerstand R_v und der Kondensator K_v .

Abbildung aus der Patentschrift Friedrich Trautweins.

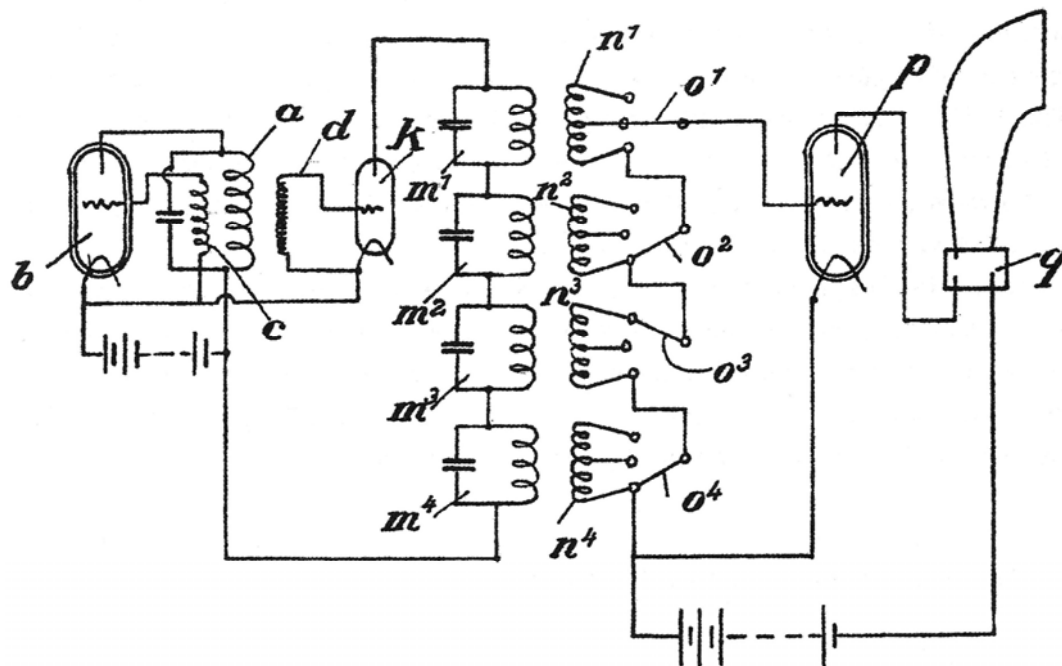


Abb. III-2: Schaltung zur Erzeugung von Klangfarben aus dem Patent DRP 469775 Friedrich Trautweins. Eine frequenzbestimmende Grundschiwingung wird in der Schaltung a, b, c erzeugt und über k verstärkt. Im Anodenkreis der Grundschiwingung liegen vier Resonanzkreise m, die unterschiedliche Frequenzen betonen. Über die Schalter o können die Spulen n zugeschaltet werden und unterschiedliche Anteile der obertonreichen Grundschiwingung abgreifen. Über die Verstärkerröhre p gelangen die Schwingungen an den Lautsprecher q. Abbildung aus der Patentschrift Friedrich Trautweins.

Die Anwendungsmöglichkeit von Filtern auf einen obertonreichen Ausgangsklang wurde, sofern es heute anhand der Patenterteilung nachvollziehbar ist, zumindest in Deutschland erstmals von Friedrich Trautwein erkannt. Damit begründete er das Prinzip der subtraktiven Synthese, das als ein fundamentales Element der Klangge-

staltung bis heute angewendet wird. Die Realisierung des Aussiebens verschieden einstellbarer Frequenzen durch elektrotechnische Schaltelemente, stellt dabei die eigentliche Transferleistung Trautweins dar.

Die Forschungsliteratur beachtet die Tatsache der Erstanwendung dieses Verfahrens durch Trautwein kaum und nennt höchstens die Anwendung des subtraktiven Syntheseverfahrens. So findet Trautweins Patent, dessen zukunftsweisende Klangsyntheseverfahren sowie dessen Realisierung bzw. Anwendung durch das Trautonium, keine Einordnung.⁵⁷¹ »Das Klangsynthesemodell der analogen Synthesizer ist im Wesentlichen die Subtraktive Klangsynthese: von einem teiltonreichen Klang werden mittels Filtertechniken einzelne oder mehrere Teiltöne abgeschwächt oder eliminiert.«⁵⁷²

Wie in den nachfolgenden Abschnitten noch zu zeigen sein wird, stellt sich die Frage, inwiefern Trautwein bereits eigenständig mit Hilfe seiner beiden Patente ein Instrument konstruierte, aus heutiger Perspektive als besonders problematisch heraus. Seine Beschäftigung mit der Übertragungstechnik führte ihn zweifellos zu seinen Ideen einer musikalischen Nutzung seines elektrotechnischen Wissens. Bezüglich tatsächlicher Bestrebungen, ein Instrument zu konstruieren, kann jedoch nur vermutet werden, dass er bereits vor Antritt seiner Stelle an der Rundfunkversuchsstelle der Hochschule für Musik auch praktische Versuche dazu angestellt hatte. Diese Tatsache wird einerseits zwar von Oskar Sala in einem Interview angedeutet, vergleicht man die Aussagen Salas in verschiedenen Interviews, so finden sich allerdings durchaus Widersprüche, die nach einem solch langen Zeitraum zwischen tatsächlichem Ereignis und

⁵⁷¹ Vgl. Klaus Ebbeke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, in: *Hindemith-Jahrbuch*, 1982/XI, S. 89 f. Ebbeke stellt die subtraktive Synthese als wesentliches Unterscheidungsmerkmal des Trautoniums gegenüber zeitgenössischen Konstruktionen, allerdings auch heutiger Instrumente fest. Zudem vgl. Wolfgang Voigt: *Elektronische und Mechanisch-Elektronische Musikinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Musikinstrumentenbau in Deutschland*, Celle 1987, S. 314. Joachim Stange-Elbe: *Das andere Musikinstrument. Von elektrischen Spielinstrumenten zum Synthesizer*, in: Elena Ungeheuer (Hrsg.), *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5), S. 272. Lediglich Peter Donhauser weist auf die erstmalige Verwendung von Filtern hin. Ders.: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 44. Florian Zwißler beschreibt den Beginn der subtraktiven Synthese unter Bezugnahme auf den in den 1950er Jahre entstandenen Mini-Moog. Ders.: *Additiv oder subtraktiv?* in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 138 (2013), S. 41 f. Vgl. Abschnitt III.3.3) *Die Klangsynthese und ihre elektrotechnische Umsetzung*, S. 252–263 in dieser Untersuchung.

⁵⁷² Martin Supper: *Elektroakustische Klangerzeugung und ihre Instrumente*, S. 332. Auf der folgenden Seite erläutert Supper die Einführung der Digitaltechnik ab 1975, wobei zunächst analoge Verfahren digital simuliert oder lediglich gesteuert wurden.

Moment der Rückerinnerung nicht verwundern dürfen.⁵⁷³ Andererseits finden sich keinerlei weitere Patentanmeldungen Trautweins, was die Vermutung nahelegt, dass er zumindest kein Instrument über das Versuchsstadium hinaus entwickelt hat.

⁵⁷³ Vgl. hierzu die beiden Aussagen Salas in den Interviews mit Christine Fischer-Defoy sowie Peter Friß. Auf das Beispiel widersprüchlicher Aussagen in Salas Interview wird unten im Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 sowie Abschnitt III.3. *Exkurs III: Oskar Salas Anfänge an der Hochschule für Musik*, S. 230–234 kurz eingegangen.

3. Die Konzeption des Trautoniums an der Rundfunkversuchsstelle

Im Falle des Trautoniums sind die Hintergründe der Entstehung nicht nur von einer Person allein abhängig, sondern von einem Kreis von Personen, die jeweils unterschiedlichen Berufsgruppen angehörten. Dies liegt in der Angliederung der auf Forschungen im Grenzbereich zwischen Musik und Technik ausgelegten Institution, der Rundfunkversuchsstelle, an der das Trautonium entwickelt wurde. Dieser Punkt ist bezüglich des Vergleiches der frühen elektroakustischen Instrumente prinzipiell kein Charakteristikum, das allein auf das Trautonium zutrifft, da sowohl das Theremin, als auch die Konstruktionen Magers zumindest phasenweise eine Entwicklung der Konstruktion innerhalb von Forschungsinstitutionen erfuhren. Lev Termens zufällige Entdeckung, erfolgte durch seine Arbeit im Labor der Universität, das er im Zuge seiner Forschungen nutzte.⁵⁷⁴ Jörg Mager hingegen stellte seine ersten Experimente in behelfsmäßigen Räumlichkeiten an und wurde dabei von Privatpersonen, aber auch beispielsweise von Prof. Georg Schünemann und Prof. Leo Kestenberg, unterstützt.⁵⁷⁵ Erst 1929 erhielt Mager, nachdem die ›Gesellschaft für elektro-akustische Musik e.V.« in Darmstadt mit dem Ziel der Förderung seiner Arbeiten gegründet wurde, auch eigene Räumlichkeiten.⁵⁷⁶ Im Gegensatz zu diesen beiden Beispielen wurde allerdings das Trautonium – mit Ausnahme der ersten Patente Trautweins – vollständig und gezielt innerhalb einer Forschungseinrichtung entwickelt.

Die Rundfunkversuchsstelle an der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg bot aufgrund ihrer Konzeption einen optimalen Nährboden für die Entwicklung eines elektroakustischen Instrumentes. Dabei spielten damals noch nicht überwundene Probleme der technischen Umsetzung besonders von Aufzeichnung und Wiedergabe, in etwas geringerem Maße auch der Konservierung akustischer Ereignisse, eine wichtige Rolle. In der wissenschaftlichen Literatur findet die Rundfunkversuchsstelle bisher lediglich in kürzeren Beiträgen Erwähnung, eine umfassende Untersuchung stellt

⁵⁷⁴ Vgl. Albert Glinsky: *Theremin ether music and espionage*, S. 23 f. Für nähere Erläuterungen zum Theremin vgl. auch den Abschnitt II.5.2) *Theremin*, S. 186–191 in dieser Untersuchung.

⁵⁷⁵ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 27.

⁵⁷⁶ Vgl. ebenda, S. 40.

noch ein Desiderat der Forschung dar.⁵⁷⁷ Die nachstehend erfolgende Darstellung beleuchtet diese Institution besonders unter dem Gesichtspunkt der Entwicklungsgeschichte des Trautoniums. Ihre Einrichtung erfolgte unter anderem auf Betreiben Georg Schünemanns, das wiederum bei den zuständigen Ministern des Preußischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung auf offenes Gehör stieß. Im Folgenden sollen die spezifischen Voraussetzungen dargestellt, der Nährboden, auf dem das Trautonium seinen Anfang als Musikinstrument im Licht der Öffentlichkeit genommen hat, aufgezeigt werden.

1) Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle

Bevor die Rundfunkversuchsstelle, die an die damalige Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg, angegliedert war, am 3. Mai 1928 eröffnet wurde⁵⁷⁸, erfolgte eine Korrespondenz zwischen der Hochschulleitung und dem Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung. Sie ist zum Teil in den Akten des Archivs der heutigen Universität der Künste erhalten und belegt das damalige Bedürfnis einer solchen Einrichtung sowie deren erste Konzeption. Die damals noch unbefriedigende Aufnahme- und Übertragungsqualität des Rundfunks erscheint als einer der ausschlaggebenden Faktoren, wenn es in einem Brief des Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung vom 11. Juni 1926 heißt:

»Wie Beobachtungen der Programme und der Leistungen ergeben haben, läßt die Behandlungsform des Rundfunks vielfach die nötige künstlerische und wissenschaftliche Grundlage vermissen. Während bisher hauptsächlich die physikalischen Momente von der Reichspost beachtet wurden, ergibt sich im Hinblick auf die beobachteten Mängel für die Kunstverwaltung die Aufgabe, die künstlerischen Vorbedingung für die Rundfunkübertragung einwandfrei prüfen und die Folgerung aus diesen Untersuchungen ziehen zu lassen. Zur Durchführung dieser Aufgabe erscheint es angezeigt, bei der Hochschule für Musik in Berlin eine Versuchsstelle einzurichten, die ausschliesslich diesen Fragen gewidmet ist. Ich ersuche um baldige Stellungnahme hierzu und um Vorschläge für die Einrichtung der Versuchsstelle, bei der auch neuere Erfindungen, wie das Mager'sche

⁵⁷⁷ Vgl. Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 257–272. Über die Verbindung Paul Hindemiths zur Rundfunkversuchsstelle vgl. ders.: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, in: *Hindemith-Jahrbuch*, 1996/XXV, S. 179–194.

⁵⁷⁸ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 45.

Sphärophon zu berücksichtigen sein würden. In dem Bericht ist auch nach Fühlungnahme mit den zuständigen Stellen auszuführen, welche Apparate für diese Arbeiten notwendig sind, ob die erforderlichen Räume in der Hochschule bereitgestellt werden können, und welche einmaligen und laufenden Kosten die Einrichtung verursachen würde.«⁵⁷⁹

Der Aufgabenschwerpunkt zeichnet sich in diesem Ersuch um Stellungnahme über die Errichtung einer Versuchsstelle klar ab. Neben der Eruierung von Bedingungen zur Optimierung einer zu sendenden Aufnahme bzw. Aufführung sollten die neu gewonnenen Erkenntnisse festgehalten werden. Eine gezielte pädagogische Arbeit, worin das neu erworbene Wissen theoretisch wie auch praktisch im Unterricht vermittelt werden sollte, ist in diesem Ersuchen noch nicht explizit formuliert. Dass eine solche Einrichtung jedoch nicht allein auf Forschung auszulegen war, darf durch die Ansiedlung an eine pädagogische Hochschule angenommen werden. Auch neuartige rundfunkbezogene Geräte sollten mit in die Arbeit einbezogen werden. Dabei ist die Erwähnung von Jörg Magers Sphärophon, die sicherlich auf Schünemanns und Hindemiths Wissen um diese Konstruktion zurückzuführen ist, aufschlussreich über dessen Bekanntheitsgrad.⁵⁸⁰ Gleichzeitig deutet diese frühe Einbeziehung der Magerschen Konstruktion auch auf das Interesse möglicher Anwendungen elektroakustischer Instrumente hin. Die Aufforderung, die vorhandene Infrastruktur der Hochschule für mögliche Räumlichkeiten, eine Liste erforderlicher Apparate sowie eine genaue Kostenplanung zu erstellen, lässt auf eine bereits erfolgte Zusammenarbeit mit dem Ministerium schließen. Das Bestreben der Gründung einer solchen Einrichtung ist als logische Konsequenz des Betreibens des technisch interessierten stellvertretenden Direktors der Berliner Musikhochschule, Georg Schünemann, zu verstehen.⁵⁸¹ Die Antwort Schünemanns vom 21. September desselben Jahres – in deren Betreff er noch von einer ›Radioversuchsstelle‹ spricht – enthält bereits erste Nennungen anzugehender Probleme sowie Empfehlungen für die Zuordnung einer solchen Stelle an die Musikhochschule:

⁵⁷⁹ UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1, fol. 132. Der hier wiedergegebene Text ist der vollständige Inhalt des Schreibens, das in Vertretung von Herrn Lammers unterzeichnet ist.

⁵⁸⁰ Belegbar ist dies durch Hindemiths Empfehlungsschreiben für Jörg Mager, das er am 9. November 1925 verfasste und das im Bundesarchiv gleich zweimal erhalten ist: BArch R 55/1142 fol. 3 ff sowie BArch R 32/320 fol. 2.

⁵⁸¹ Vgl. Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 260.

»Es gibt [handschr. eingefügt: für den Rundfunk] eine grosse Zahl von Problemen, die nur in Gemeinschaft mit Künstlern zu lösen sind, wie die Uebertragung einzelner Instrumente, die Veränderung der Klangfarben, die verschiedene Wirkung von Instrumental-Gruppen usw. Die Vorbedingungen zur Lösung dieser Aufgabe sind in der Hochschule gegeben, da Vertreter aller Instrumenten-Gruppen sowie Orchester und Chöre für diese Versuche zur Verfügung stehen. Die Versuchsstelle soll auch den Unterrichtszielen dienstbar gemacht werden. So wäre [es] möglich durch den Tonschreiber (nach Stille) den singenden Schüler aufzunehmen und seine Stimme sofort zu reproduzieren. Es wäre die Möglichkeit einer weitgehenden Kontrolle gegeben. Diese Versuche könnten, sobald sie systematisch durchgeführt werden, für die Musikpädagogik [sic] von der höchsten Bedeutung werden. Ferner wird es du[rch] die Anlage möglich sein, jedes Konz[ert] jede Chor- oder Opernaufführung der Hochschule durch den Rundfunk zu übertragen. Auch wäre Gelegenheit geboten, den Studierenden wichtige Vorträge, Konzerte und dergleichen durch Übertragung zugänglich zu machen.«⁵⁸²

Der interdisziplinäre Ansatz von technologischer Forschung und künstlerischem Umgang mit deren Ergebnissen war zum einen ein Kernpunkt der konzeptionellen Ausrichtung, zum anderen ein Argument der Ansiedlung dieser Einrichtung an der Hochschule, da »...sie der geeignete Ort für ein solches Zusammentreffen...«⁵⁸³ war. In der Äußerung Schünemanns bezüglich der Klangfarben ist zunächst auf die damals schlechte Aufnahme- und Übertragungsqualität bestimmter Instrumentengruppen im Rundfunk hingewiesen.⁵⁸⁴ Sie ist implizit auch als Weiterführung des Gedankens zu verstehen, ein elektroakustisches Instrument, wie das bereits erwähnte Sphärophon, in die Forschungsarbeit der Rundfunkversuchsstelle eben unter dem Gesichtspunkt der Klangfarbenübertragung mit einzubeziehen. Der Vorteil lag darin, dass die elektronischen Schwingungen eines elektroakustischen Instruments direkt durch den Rundfunk übertragen werden konnten und nicht erst durch Mikrophone umgewandelt werden mussten, wie es bei mechanischen Schwingungen herkömmlicher Instrumente der Fall gewesen wäre. Die »Einspeisung« von Schallwellen durch die damals noch in ihrer Empfindlichkeit eingeschränkter Mikrofone wäre somit entfallen und eine enorme Qualitätssteigerung erreichbar gewesen.

⁵⁸² Brief Schünemanns an den Minister, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 130.

⁵⁸³ Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 260.

⁵⁸⁴ Peter Donhauser weist auf diese Intention hin, die Friedrich Trautwein 1953 in der Rundfunksendung »Elektrische Musik« von Radio Bremen äußerte.

Dem oben zitierten Schreiben Schünemanns war auch eine Liste von der zu beschaffenden technischen Ausstattung beigelegt, die als Posten neben Empfangsantennen, Lautsprechern, Mikrofonen, einem Stilleschen Tonschreiber auch das Sphärophon mit ca. 2.000 Reichsmark sowie den Bau von Versuchsinstrumenten mit 4.000 Reichsmark vorsieht. Insgesamt belaufen sich die dort aufgeführten Kosten auf 34.030 Reichsmark, wovon 9.500 Reichsmark als laufende Kosten vermerkt sind.⁵⁸⁵

In einer am 20. November erfolgten Sitzung, an der neben Vertretern des Ministeriums, des Telegraphischen Reichsamtes und des Rundfunks auch Schünemann und der zukünftige Leiter des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Karl Willy Wagner teilnahmen, wurde die »...Errichtung der Versuchsstelle [...] allerseits begrüßt und ihre Notwendigkeit anerkannt.«⁵⁸⁶ Darüber hinaus sollte die Versuchsstelle »... auf elektrotechnischem, physikalischem und akustischem Gebiete in engster Fühlung mit dem geplanten [Heinrich-Hertz] Forschungsinstitut arbeiten müssen...«⁵⁸⁷ womit die Rundfunkversuchsstelle zusätzlich mit einer technischen Forschungseinrichtung vernetzt wurde. In der diesem Schreiben beigelegten Liste zu erwartender Kosten, wobei einmalige Anschaffungskosten auf 21.000, laufende Kosten auf 8.500 Reichsmark angesetzt waren, wird das Sphärophon nicht mehr, allerdings der Posten für Versuchsinstrumente mit 4.000 Reichsmark aufgeführt. Gut ein Jahr später – aus der Zwischenzeit sind keine Akten mehr erhalten – berichtete Schünemann am 25. Januar 1928 dem Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung:

»Unter Bezugnahme auf den Bericht vom 2. Dezember 1927 – J.Nr. 1200 – teile ich ergebenst mit, dass die Einrichtung der Radio-Versuchsstelle in der vorgeschlagenen Ausführung so weit vorgeschritten ist, dass die Übergabe in den nächsten Tagen erfolgen kann. Die Versuche werden zunächst davon ausgehen, die musikalischen Vorgänge vor dem Mikrophon zu untersuchen. Hierin gehören alle Arbeiten, die sich auf Spiel, Technik, Vortrag, Aufstellung usw. beziehen. [...] Es ist daran gedacht, die Instrumente des Orchesters vom Kontrabass bis zur Piccolo-Flöte auf die Zusammensetzung des Klanges zu untersuchen, und zwar sollen diese Versuche feststellen, welche Deformation nach dem Mikrophon und welche nach dem Verstärker eintritt.«⁵⁸⁸

⁵⁸⁵ Brief Schünemanns an den Minister, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 130.

⁵⁸⁶ Protokoll der Sitzung, angefertigt am 22. November und unterzeichnet von Dr. Schnitzler, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 126.

⁵⁸⁷ Ebenda.

⁵⁸⁸ Brief Schünemanns an den Minister, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 100.

Wie aus diesem Schreiben hervorgeht, standen nun auch pädagogische Aspekte mit im Fokus, die darauf abzielten, den Umgang mit den neuen Medien in die Ausbildung von Künstlern mit zu integrieren.⁵⁸⁹ Die Forschungsaufgaben bezogen sich auf klangliche Auswirkungen technischer Hilfsgeräte zur Realisierung von Aufzeichnung, Konservierung und Wiedergabe im Vergleich mit dem natürlichen Klang. An dieser Stelle hätte ein elektroakustisches Musikinstrument eingesetzt werden können. Indem es, im Gegensatz zu herkömmlichen Instrumenten, unterschiedliche Klänge messtechnisch präziser und darüber hinaus beliebig oft und unverändert reproduzierbar bilden kann, hätten die Deformationsprozesse somit wissenschaftlich präzise nachvollzogen werden können. Herkömmliche Instrumente unterliegen durch den Interpreten hinsichtlich ihrer Schallwellenhervorbringung stets minimalen Schwankungen. Allerdings bleibt dieser Aspekt in der Korrespondenz unerwähnt und ist aus heutiger Perspektive nicht belegbar, wenngleich er auch nahe liegt.

Im Vordergrund stand vielmehr das Angebot eines Lehrprogramms für Studierende, das schließlich auch »...Fächer wie Sprecherziehung, Schulfunk, Mikrofonsingen, Hörspiel, Filmmusik und Elektroakustik [umfasste].«⁵⁹⁰ Bezüglich der für die vorliegende Untersuchung besonders im Mittelpunkt stehenden Arbeiten um das Trautonium findet sich in obigen Schreiben Schünemanns bereits eine interessante Bemerkung. Nachdem er dem Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung über die geplanten Klanganalysen mittels Oszillographen berichtet hatte, beschrieb er innerhalb weiterer Versuche bezüglich der Rundfunkübertragung auch die Vorhaben mit elektroakustischen Instrumenten:

»Man wird mit mechanischer und elektrischer Tonerzeugung, auch mit neuen Konstruktionen der Instrumentenbauer zu einer Musik kommen können, die die Möglichkeit des Radios in der für den Rundfunk charakteristischen Form ausnutzt. Bei diesen Arbeiten werden auch die von Mager und Theremin gezeigten Wege weiter verfolgt werden. Es wird die Aufgabe der Hochschule sein, die Professoren und Studierenden für die Arbeiten zu interessieren und sowohl produktive wie reproduktive Kräfte für den Rundfunk zu gewinnen.«⁵⁹¹

⁵⁸⁹ Vgl. hierzu auch Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 184.

⁵⁹⁰ Heike Elftmann: *Georg Schünemann (1884 – 1945). Musiker, Pädagoge, Wissenschaftler und Organisor. Eine Situationsbeschreibung des Berliner Musiklebens*, S. 73.

⁵⁹¹ Brief Schünemanns an den Minister, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 101.

Die Bereitschaft, neue Konstruktionen, sowohl einfacher Tonerzeuger als auch von Musikinstrumenten, zu entwickeln, ist nicht nur gegeben, sondern bereits als Ziel festgehalten. Prinzipiell erscheint diese Bereitschaft der damaligen Zeit zu entsprechen, da nicht nur das Theremin, sondern auch das Ondes Martenot und das Sphärophon eine breite Rezeption erfahren hatten. In Fachkreisen und besonders von Schünemann, wie auch von Hindemith, wurden die Entwicklungen mit regem Interesse verfolgt.⁵⁹² Des Weiteren wird das Ziel angesprochen, mit Hilfe solcher Konstruktionen eine spezifische Rundfunkmusik besonders zu unterstützen. Die damals verbreitete Vorstellung, dass der Rundfunk neue Formen von Musik hervorbringen werde, die »...speziell für die Rundfunkübertragung konzipiert ist und den technischen Bedingungen dieser Übertragung von vornherein Rechnung...«⁵⁹³ tragen sollte, war durchaus virulent. Mit ihr sollten zudem auch ästhetische Potenziale einer Übermittlung erschlossen werden, was jedoch auf vielfältige Weise geschehen konnte. Die sogenannte Funkoper, ein Genre, wofür neben Hindemith auch Kurt Weill, Werner Egk und weitere junge Komponisten Werke schufen, ist nur ein Beispiel der Realisierung verschiedener Vorstellungen.⁵⁹⁴ Diese Diskussion ist nicht nur auf die Anfänge des Rundfunks beschränkt. Auch weit nach 1945 erfolgten noch Publikationen, innerhalb derer das Thema einer rundfunkeigenen Musik, häufig in Verbindung mit dem Begriff der ›Gebrauchsmusik‹, wie beispielsweise bei Siegfried Goslich, diskutiert wurde.⁵⁹⁵ Aufgrund seiner engen Verbindung zu Hindemith, Sala und dem Trautonium, wurde er nach 1945 zu einem wichtigen Wegbereiter und Unterstützer für zahlreiche Konzerte und Aufnahmen durch seine Arbeiten an verschiedenen Rundfunkanstalten.⁵⁹⁶ Das Potenzial, mit einer eigenen Instrumentenkonstruktion einen Beitrag zu einer rundfunkspezifischen Musik zu leisten, die als Terra incognita ein aufblühendes Betätigungsfeld für Musiker darstellte, sollte von der Rundfunkversuchsstelle nicht nur erforscht, sondern auch pädagogisch genutzt werden. Als Grundlage kann-

⁵⁹² Vgl. hierzu Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 23–42.

⁵⁹³ André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 60.

⁵⁹⁴ Vgl. hierzu Guido Heldt: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, S. 125.

⁵⁹⁵ Vgl. Siegfried Goslich: *Musik im Rundfunk*, Tutzing 1971, S. 164 ff.

⁵⁹⁶ Vgl. zur Unterstützung durch Goslich bei den Aufnahmen für ein Werk für Trautonium und Streichorchester im Anhang, Abschnitt V.3. *Listen von Kompositionen für Trautonium aus dem untersuchten Nachlass Oskar Sala*, S. 356–360 in dieser Untersuchung. Vgl. zudem den Abschnitt III.6.3) *Mixtur-Trautonium*, S. 297–310 sowie den Abschnitt III.6. *Exkurs IV: Oskar Sala und Friedrich Trautwein*, S. 310–315.

ten durchaus bereits vorhandene Konstruktionen herangezogen werden, darüber hinaus wurde Jörg Mager selbst als möglicher Mitarbeiter gehandelt, eine Anstellung erfolgte jedoch nicht.⁵⁹⁷ Zu guter Letzt spricht Schünemann in seinem Schreiben noch eine Tatsache an, die besonders bezüglich der späteren Entwicklungsgeschichte des Trautoniums von Bedeutung sein sollte. Die erhoffte Verbreiterung eines Interesses für rundfunkbezogene Musikproduktion sollte nicht nur bereits etablierte Künstler erfassen, sondern auch junge aufstrebende Studenten und somit zu einer Nachwuchsförderung für den Rundfunk beitragen. Hierin sind erste Anfänge der Herausbildung des Berufsfeldes der Toningenieure erkennbar, das ab 1950 von Friedrich Trautwein als einem der ersten Dozenten für diesen Ausbildungsweg an der Robert-Schumann-Hochschule in Düsseldorf unterrichtet wurde.⁵⁹⁸ Der Entwicklung des Trautoniums war somit von Seiten der Institution der Rundfunkversuchsstelle bereits ein Konvolut von Aspekten beigegeben. Sie sollte einer Vielfältigkeit verschiedener Aufgaben und Anforderungen entsprechen, wobei insgesamt aus den bisher zitierten Dokumenten hervorgeht, dass Forschung und pädagogische Aufgaben besonders betont wurden.



Abb. III-3: Eine der wenigen erhaltenen Fotografien eines der Räume der Rundfunkversuchsstelle in der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg. Die Räumlichkeiten, in denen das Trautonium konstruiert wurde befanden sich im Dachgeschoß. Abbildung aus dem Archiv der Universität der Künste Berlin. 11 F 2.

Die Rundfunkversuchsstelle wurde mit zahlreichen Gerätschaften ausgestattet, um den hohen Ansprüchen, wie sie Schünemann gegenüber dem Minister nennt, gerecht

⁵⁹⁷ Vgl. Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 263.

⁵⁹⁸ Vgl. Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, Sp. 1013. Einen Hinweis auf die Entstehung des Berufsbildes eines Tonmeisters im Kontext der Rundfunkversuchsstelle gibt auch Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 183.

werden zu können. »Die technische Einrichtung der Rundfunkversuchsstelle ist zum Teil von der Firma Siemens & Halske in Berlin leihweise zur Verfügung gestellt worden. Die Gesamtkosten für die Anlage waren berechnet auf 33.402,43 RM.«⁵⁹⁹ Sie war »...über ein Leitungsnetz mit zahlreichen Räumen des Unterrichtsgebäudes und einer Schaltzentrale im Dachgeschoss verbunden [...]«. ⁶⁰⁰ Die kostspielige Ausstattung sowie ihre Vernetzung innerhalb der Räumlichkeiten wurden beim Eröffnungskonzert am 3. Mai 1928 sogleich vorgeführt, indem die Musikaufführungen zumindest teilweise außerhalb des Saales stattfanden.⁶⁰¹ In den Akten der Universität der Künste findet sich der Antrag auf die Eröffnung eines Postcheckkontos sowie die Pressemitteilung über die Bildung und Besetzung des Kuratoriums zehn Monate nach diesem Konzert datiert.⁶⁰² Die Besetzung des Kuratoriums unterstreicht die Sonderstellung der Rundfunkversuchsstelle, die zwar an die Hochschule angegliedert war, jedoch »...in Schünemann einen eigenen Leiter sowie ein Kuratorium [besaß], in dem das Reichspostministerium, die *Reichsrundfunk-Gesellschaft*, das [Heinrich-Hertz] Institut für Schwingungsforschung, die *Deutsche Welle*, die *Berliner Funkstunde*, die Hochschule selbst und das Kultusministerium vertreten waren.«⁶⁰³ Dies verdeutlicht abermals den vielseitigen Charakter der Arbeit, wie sie in der Versuchsstelle bewerkstelligt werden sollte. Die rasche Aufnahme der Arbeit und eine Auflistung erster Ergebnisse finden sich dokumentiert im 50. Jahresbericht der Hochschule, worin das enge Geflecht zwischen Forschung und Pädagogik sowie zwischen künstlerischen und technischen Aspekten und darüber hinaus zwischen Hochschule und Rundfunk implizit hervortritt.⁶⁰⁴ Bereits im folgenden Jahresbericht werden die Unterrichtskurse

⁵⁹⁹ Prüfungsbericht, undatiert. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1, fol. 58. Darüber hinaus vgl. zweiseitige Liste der »Grosslautsprecheranlage« vom 26. Juli 1929, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 14, fol. 19 und 20. Weitere Belege für die freie Überlassung oder Leihgabe unterschiedlichster Gerätschaften finden sich in UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 13.

⁶⁰⁰ Vgl. Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 261.

⁶⁰¹ Vgl. ebenda. Aus dem Programmblatt zur Eröffnungsfeier geht jedoch nicht eindeutig hervor, ob wirklich sämtliche musikalische Vorführungen in den Saal übertragen wurden. Der Vermerk »Übertragung« ist lediglich unter Programmpunkt 1, dem ersten Satz aus op. 24 von Paul Hindemith, und Programmpunkt 4, einer Bearbeitung von Strauß' »An der schönen blauen Donau« für Klavier und Chor, zu finden. Die übrigen musikalischen Beiträge finden sich allerdings unter dem Vortrag über Ferndirigieren, gehalten von Dr. Erich Fischer, was die Übertragung allerdings in Form einer Demonstration innerhalb des Vortrages nahelegt. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 16, unfoliiert.

⁶⁰² Vgl. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 79 und 80.

⁶⁰³ Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 260.

⁶⁰⁴ Vgl. Georg Schünemann (Hrsg.): *50. Jahresbericht (1.10.28 – 30.9.29) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D9, S. 46.

samt Dozenten aufgelistet, die sich bis dahin etabliert haben und die hier in Übertragung folgen:

» I. Rundfunkrede.

1. Sprecherziehung und künstlerischer Vortrag:

Kursus 1: Vilma Mönckeberg-Kollmar, Lektor an der Universität.

Kursus 2: Alfred Braun, Regisseur und Abteilungsleiter der Schauspielerischen und literarischen Abteilung der Funkstunde.

Kursus 3: Dr. Heinrich Michaelis, Vorsitzender der Gemeinnützigen Vereinigung zur Pflege deutscher Kunst.

2. Freie Rede: Dr. Karl Würzburger, Abteilungsleiter und Redakteur bei der ›Deutschen Welle‹

3. Sprache und Gebärde (Tonfilm): Vilma Mönckeberg-Kollmar.

4. Vortragsniederschrift: Dr. Karl Würzburger.

5. Pädagogischer und Schulfunk: Karl Friebel, Direktor der Rundfunk-Abteilung des Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht.

II. Rundfunkmusik.

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. Gesang und Chor..... | Bruno Seidler-Winkler, |
| 2. Instrumentalmusik, Kammer- | Abteilungsleiter der Orchester- |
| musik und Orchester..... | Abteilung der Funkstunde Berlin. |

3. Komposition und Instrumentation, Musikalisches Hörspiel:

Max Butting

4. Filmmusik: Paul Hindemith, Professor an der Staatl. akademischen Hochschule für Musik zu Berlin.

Außerdem für beide Abteilungen gemeinsam: Grundlagen der Elektro-Akustik bei dem Abteilungsvorstand des Heinrich-Hertz-Instituts Dr. Erwin Meyer.⁶⁰⁵

Die Vernetzung der Rundfunkversuchsstelle wird hier abermals durch die Nennung der Dozenten verdeutlicht, die mit Ausnahme von Vilma Mönckeberg-Kollmar, Max

⁶⁰⁵ Übertragen aus Georg Schünemann (Hrsg.): *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 52 f.

Butting und Paul Hindemith, sämtlich eine Anstellung außerhalb der Hochschule an gehobenen Posten des Rundfunks oder des Heinrich-Hertz Instituts, innehatten.

In diesem Jahresbericht findet sich erstmalig auch der Name Friedrich Trautweins, allerdings nicht als Dozent, sondern als Verfasser des Beitrages *Bedeutung vom Wesen der elektrischen Musik* sowie eine Beschreibung seiner Arbeit, wie sie auch für die übrigen Arbeitsgebiete der Versuchsstelle vorgenommen wurde.⁶⁰⁶ Hinsichtlich der Arbeit auf dem Gebiet der, wie es im Jahresbericht heißt, ›elektrischen Musik‹ wird berichtet:

»Am 20. Juni 1930 fand die erste Vorführung des elektrischen Musikinstrumentes (Trautonium) vor der Öffentlichkeit im Rahmen der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹ statt, die einen Einblick in den Stand der Arbeit gab. [...] Bei seiner Arbeit unterstützten ihn mehrere Studierende, vor allem Herr Oskar Sala, der beim Bauen der Apparate von Anfang an mithalf, und die Herren Rudolph Schmidt und Harald Genzmer. Herr Prof. Paul Hindemith, der gleichfalls die Arbeiten mit seinem Rat weiter förderte, schrieb für die Instrumente eine Reihe von Kompositionen, die bei der Rundfunkmusikwoche zur ersten Aufführung gelangten.«⁶⁰⁷

Nachdem Friedrich Trautwein 1929 oder 1930 als Dozent an die Rundfunkversuchsstelle berufen wurde⁶⁰⁸, begründet sich der Kreis von Mitwirkenden, die an der Entwicklung des ersten Trautoniums beteiligt waren. Wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert, erhielt Trautwein bereits vor Antritt dieser Stelle zwei Patente, die entscheidend für die Charakteristik des Trautoniums waren.⁶⁰⁹ Ebenso schien er Erfahrungen mit der Umsetzung seiner physikalischen Ideen in Instrumentenkonstruktionen zu haben. So berichtet Oskar Sala in einem Interview, geführt von Christine Fischer-Defoy, dass Trautwein bereits »...während der 20er Jahre eine Orgel konstruiert und patentiert...« hätte.⁶¹⁰ Die Instrumentenkonstruktion sowie entsprechende Patente Trautweins sind jedoch aus heutiger Perspektive nicht mehr belegbar. Das Vorhaben

⁶⁰⁶ Vgl. Trautweins Beitrag: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 30–34. Der Bericht über die Rundfunkversuchsstelle findet sich auf S. 52–56.

⁶⁰⁷ Ebenda, S. 54.

⁶⁰⁸ Vgl. Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, Sp. 1013. In Verbindung mit dem Abdruck Trautweins Beitrag sowie seiner Nennung im Zusammenhang mit der Arbeit der Rundfunkversuchsstelle, ist dieser Zeitraum eingrenzbare.

⁶⁰⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt III.2. *Die Anfänge Friedrich Trautweins*, S. 210–215 in dieser Untersuchung.

⁶¹⁰ Oskar Sala im Interview mit Christine Fischer-Defoy, in dies.: *Kunst Macht Politik. Die Nazifizierung der Kunst- und Musikhochschulen in Berlin*, Berlin 1988, S. 41.

Trautweins, an der Rundfunkversuchsstelle zunächst eine Orgel zu konstruieren, wie es Donhauser noch konstatiert, kann lediglich durch zwei Patenterteilungen sowie einer schriftlichen Erwähnung durch den Erfinder selbst, angedeutet werden.⁶¹¹ Trautwein spricht zwar in der Tat von Konstruktionen mehrstimmiger Trautonien, »...bei denen ein orgelartiges Spiel ermöglicht wird...«⁶¹², dies ist allerdings der einzige Hinweis, der nicht durch weitere Dokumente belegbar ist, so dass es sich dabei auch lediglich um angefertigte, jedoch nicht ausgeführte Konstruktionspläne handeln könnte, wofür Trautweins Hinzufügung spricht: »Es ist naheliegend, auch ein Spielpedal für die Baßtöne wie bei der Orgel vorzusehen.«⁶¹³ Die Existenz solcher Instrumente wurden weder von Oskar Sala noch von Friedrich Trautwein in ihrem Briefwechsel nach 1945 erwähnt, was ebenfalls für ein frühes Stadium der Konzeption bzw. Planung der erwähnten Konstruktionen spricht, nicht aber deren Fertigstellung oder gar Verwendung und sei es nur für Dokumentationszwecke im Unterricht.⁶¹⁴ Als Erwiderung muss jedoch angeführt werden, dass erste Realisierungen des Trautoniums an der Rundfunkversuchsstelle sehr rasch nach Trautweins dortigem Antritt umgesetzt werden konnten. Insofern deutet diese Tatsache durchaus entweder auf bereits gut ausgereifte Konstruktionspläne, über deren Ursprünge heute leider keine Dokumente mehr auffindbar sind, oder auf tatsächlich erste, womöglich noch nicht vollendete Konstruktionen von Instrumenten hin.

⁶¹¹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 68. In der Patentliste bei Donhauser finden sich zwei Einträge für ein »Mehrstimmiges elektrisches Musikinstrument« DRP 674681 (17. Mai 1930) sowie für ein »Orgelartiges elektrisches Musikinstrument« DRP 692240, gleichen Datums. Vgl. ebenda, S. 281. Die Korrespondenzen zwischen Sala und Trautwein befinden sich im Nachlass Salas unter den folgenden vorläufigen Nummerierungen: Deutsches Museum, Archiv, NL218 Nr. 12366, Nr. 12374, Nr. 12375, Nr. 12379, Nr. 12383, Nr. 12387, Nr. 12390.

⁶¹² Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 35.

⁶¹³ Ebenda, S. 36.

⁶¹⁴ Vgl. hierzu die Korrespondenzen zwischen Sala und Trautwein. Deutsches Museum, Archiv, NL218: Nr. 12366, Nr. 12374, Nr. 12375, Nr. 12379, Nr. 12383, Nr. 12387, Nr. 12390.



Abb. III-4: Fotografie der Uraufführung bzw. einer Probe der Triostücke für drei Trautonium, anlässlich der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹. Oskar Sala sitzt vorne, Paul Hindemith in der Mitte, Rudolf Schmidt, der zugleich Salas Klavierlehrer war, sitzt hinten.

Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 06.

Feststellbar scheint zunächst, dass das erste Modell des Trautoniums zumindest in dreifacher Ausführung existierte, da zur ersten öffentlichen Präsentation in der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹ eine dreistimmige Komposition Hindemiths aufgeführt wurde. Im 51. Jahrbuch der Hochschule ist das gesamte Programm dieser vom 18. bis 21. Juni dauernden Veranstaltung abgedruckt, wobei für den Abend des 20. Juni die Abteilung ›Elektrische Musik‹ angesetzt war.⁶¹⁵ Damit unterstützte »...der unbestritten führende deutsche Komponist seiner Generation...«⁶¹⁶ die Entwicklung des Trautoniums durch erste Werke für dieses Instrument in demonstrativer Weise. »Daß hier ein elektrisches Musikinstrument mit eigens dafür komponierten Stücken eines namhaften Komponisten das erste Mal an die Öffentlichkeit tritt, ist durchaus keine Selbstverständlichkeit.«⁶¹⁷ Bei den Werken handelt es sich um die *Sieben Stücke für drei Trautonium. Des kleinen Elektromusikers Lieblinge*⁶¹⁸, die an diesem Abend zur Uraufführung gebracht wurden. Paul Hindemith lehrte seit Mai 1927 an der Hochschule für Musik, so dass er mit dem Beginn der Arbeit der Rundfunkversuchsstelle neben seiner Tätigkeit als Professor für Komposition nun auch als Dozent des

⁶¹⁵ Vgl. Georg Schünemann (Hrsg.): *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 91 ff.

⁶¹⁶ Giseler Schubert: Art. *Hindemith, Paul*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel 2003, Sp. 11.

⁶¹⁷ Klaus Ebbeke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 99.

⁶¹⁸ Vgl. Giseler Schubert: Art. *Hindemith, Paul*, Sp. 31. Eine kurze Besprechung dieser sieben Stücke unternimmt Klaus Ebbeke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 96 ff. Er betont dabei besonders ihren Charakter als Gebrauchsmusik zur eindrucksvollen Vorführung.

neu angebotenen Tonfilmkurses tätig wurde.⁶¹⁹ Neben dieser ideellen und künstlerischen Unterstützung, die Hindemiths Tätigkeit auszeichnete, kam auch noch eine musikpraktische Komponente hinzu, die sein Interesse an neuen – und bekannterweise auch alten – Musikinstrumenten förderte. »Hindemith als Spieler auf allen Instrumenten wurde bald sprichwörtlich. Er interessierte sich für alte und neue Instrumente, [...] auch für das elektro-akustische Instrument, das Trautonium, auf dem er selbst spielte, für dessen Spieler Oskar Sala er ein Trautonium-Konzert komponierte.«⁶²⁰ Zwar bleibt seine Tätigkeit als Interpret des Trautoniums auf die erste öffentliche Vorstellung des Instruments am 20. Juni 1930 beschränkt, gemeinsam mit Oskar Sala und Rudolph Schmidt, der Salas Professor für Klavier war.⁶²¹ Im Gegensatz zur interpretatorischen Tätigkeit setzte Hindemith jedoch sein künstlerisches Schaffen für das Trautonium fort und begleitete schöpferisch das Instrument sowie dessen einzigen verbleibenden Solisten, nachdem er 1931 zunächst noch ein *Concertino für Trautonium und Streichorchester* geschrieben hatte, bis 1935 mit dem *Langsamen Stück und Rondo für Trautonium*.⁶²² Neben Friedrich Trautwein, dem ideellen Vater, dem eigentlichen Erfinder und Inhaber der Patente, ist Paul Hindemith in gewisser Weise der künstlerische Spiritus Rector des Trautoniums in der Anfangsphase dessen Entstehung gewesen. Die in der Literatur bisweilen angeführte Tatsache⁶²³, dass er Trautwein von dessen ursprünglicher Idee, ein großes orgelartiges Instrument zu konstruieren, abgebracht habe, ist nicht mehr nachweisbar. Im Interview mit Christine Fischer-Defoy nennt Sala finanzielle Schranken als ausschlaggebend für die Konstruktion einer kleinen Vorrichtung, »...von Orgel war gar keine Rede.«⁶²⁴ Daß Hindemith Einfluss auf die Konstruktion des Trautoniums hatte, ist zwar mit Sicherheit anzunehmen, die *Sieben Stücke für drei Trautonien* sprechen insofern dafür, dass sie drei Ausführungen des Modelles benötigten. Welche Qualität die Einflussnahme je-

⁶¹⁹ Vgl. Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 179.

⁶²⁰ Eberhard Preussner: *Paul Hindemith. Ein Lebensbild*, Innsbruck 1984, S. 32.

⁶²¹ Vgl. Georg Schünemann (Hrsg.): *51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D10, S. 93.

⁶²² Vgl. Giseler Schubert: Art. *Hindemith, Paul*, Sp. 31.

⁶²³ Vgl. hierzu: Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 68. Ähnlich formuliert es auch Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 191.

⁶²⁴ Oskar Sala im Interview mit Christine Fischer-Defoy, in dies.: *Kunst Macht Politik. Die Nazifizierung der Kunst- und Musikhochschulen in Berlin*, S. 41.

doch konkret auf das erste Modell hatte, ist nicht mehr präzise nachvollziehbar. Es ist allerdings festzuhalten, dass Hindemiths Interesse an dem neuen Instrument ganz dem Ziel Georg Schünemanns entsprach, neue Erkenntnisse, geleistet durch Forschung an der Rundfunkversuchsstelle, gut im Bewusstsein der Zeitgenossen zu verankern.

Exkurs III: Oskar Salas Anfänge an der Hochschule für Musik

Indem er seine Kompositionsklasse in die Räumlichkeiten des »...elektronischen Studio Berlin«, wie es Paul Hindemith bezeichnete, [...] im Dachgeschoss des Unterrichtsgebäudes Fasanenstraße...«⁶²⁵ führte, kam auch Oskar Sala mit dem neuen Instrument in Kontakt. Über dessen Biographie gibt es bisher nur kürzere Untersuchungen.⁶²⁶ Die umfangreichsten Informationen kann man auf der Internetseite des *Oskar-Sala-Fonds am Deutschen Museum* finden.⁶²⁷ Die Anfänge seiner studentischen Tätigkeiten sind in mehrfacher Weise in unterschiedlichen Dokumenten belegt. Zunächst ist der am 18. Juli 1910 geborene Sala erstmals als Student im 50. Jahrbuch der Hochschule genannt.⁶²⁸ Seine Aufnahme in die Kompositionsklasse ist darüber hinaus belegt durch das »Protokoll der Aufnahmeprüfung zum Sommersemester 1929«, worin er 18-jährig, unter der Nummer 6 in der Rubrik »Prüfungszeugnis« mit dem Vermerk »noch etwas unreif – vielleicht begabt«, genannt wird.⁶²⁹ Als dritter Beleg ist ein Bestätigungsschreiben vom 3. Mai 1929 »...zwecks Vorlage bei der Reichsbahn-Gesellschaft...« erhalten, worin ihm die Teilnahme an »...den Aufnahmeprüfungen am 1., 2., 3. und 4. ds. Js....« sowie die Aufnahme in die Hochschule bescheinigt

⁶²⁵ Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 263.

⁶²⁶ Vgl. hierzu die Literaturangabe bei Thomas Richter: Art. *Sala, Oskar*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 14, Kassel u.a. 2005, Sp. 827.

⁶²⁷ <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/oskar-sala/biografie/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁶²⁸ Vgl. unter der Nummer 508 in Georg Schünemann (Hrsg.): *50. Jahresbericht (1.10.28–30.9.29) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D9, S. 92. Das Geburtsdatum findet sich in dem in Fußnote 87 angegebenen Internetauftritt des *Oskar-Sala-Fonds*, aber auch in einem handschriftlicher Lebenslauf in seinem Nachlass: Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12365, fol. 1949-51/145, undatiert.

⁶²⁹ Vgl. Protokoll der Aufnahmeprüfung, UdK-Archiv, Bestand 1, Nr. 704, fol. 2.

wird.⁶³⁰ Inwiefern er bereits 1928 im Fach Klavier Aufnahme fand, wie es Dietmar Schenk angibt, ist anhand der Akten im Archiv der Universität der Künste nicht mehr präzise nachvollziehbar.⁶³¹ Dass er jedoch auch Klavier studiert hatte, belegt wiederum ein Brief aus seiner Hand vom 21. Juli 1929, in dem er Schünemann seinen Entschluss mitteilt, seinem »... Rate zu folgen, und [...] nur noch ein Hauptfach, Komposition bei Hindemith, beibehalten [zu wollen].«⁶³² Zugleich bittet er um Aufnahme in die Klavierklasse Rudolf Schmidts in Form eines Nebenfaches. Die Antwort Schünemanns, worin er Sala über die nötige Aufnahmeprüfung unterrichtet hätte, trägt den handschriftlichen Vermerk »Nicht abgesandt[.] Ist Hochschüler in Komposition.«⁶³³ Besonders die Bescheinigung für die Reichsbahn-Gesellschaft legt die Vermutung nahe, dass Sala sich tatsächlich erst im Sommersemester 1929 um Aufnahme bewarb, da er bei einem bereits aufgenommenen Studium in Berlin wohl auch seinen Wohnsitz dort genommen hätte, womit das Bestätigungsschreiben obsolet wäre. Ein handschriftlicher, leider jedoch undatierter Lebenslauf aus Salas Hand gibt als Zeitpunkt des Abiturs das Jahr 1929 an und erst »1930 Studium an H.f.M. (Klavier, Komposition – Hindemith), dort Bekanntschaft mit Trautwein.«⁶³⁴ In der Korrespondenz von 1957 mit dem Verlag *Schott's Söhne* ist ein Lebenslauf erhalten, in dem Sala ebenfalls für die Ablegung des Abiturs das Jahr 1929 und für die Aufnahme an der Hochschule das Jahr 1930 angibt.⁶³⁵ Allerdings muss bei den Lebensläufen aus Salas Hand bedacht werden, dass bei deren Abfassung bereits über 20 Jahre vergangen waren, die Möglichkeit einer Erinnerungsungenauigkeit also nicht unwahrscheinlich ist.

Durch die Nennung Oskar Salas neben seinen beiden Professoren als Interpret im Programm von »Neue Musik Berlin 1930« ist etwa bereits ein Jahr nach der Datierung des Aufnahmeprotokolls ein Hinweis auf seine besondere Stellung bezüglich des Trautoniums gegeben. Die Umstände, durch die Sala mit Friedrich Trautwein und dem Trautonium in Kontakt kam, sind wohl, wie eingangs bereits kurz angedeutet,

⁶³⁰ Bestätigungsschreiben für Sala vom 3. Mai 1929, UdK-Archiv, Bestand 1, Nr. 598, fol. 175.

⁶³¹ Vgl. Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 263.

⁶³² Übertragung des handschriftlichen Briefes Salas, UdK-Archiv, Bestand 1, Nr. 598, fol. 310.

⁶³³ Brief Schünemanns an Sala vom 22. Juli 1929, UdK-Archiv, Bestand 1, Nr. 598, fol. 311.

⁶³⁴ Oskar Salas handschriftlicher Lebenslauf, undatiert. Aufgrund der Nennung seiner Publikationen, die bis 1951 genannt sind, ist auch dieses oder das folgende Jahr als Verfassungszeitpunkt dieses Lebenslaufes anzunehmen. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12365, fol. 1949-51/145.

⁶³⁵ Lebenslauf Salas, datiert auf den 21. März 1957, Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12392, fol. 1956/205.

auf Hindemiths Unterrichtsgestaltung zurückzuführen. Um seinen Studenten besondere akustische Gegebenheiten näher zu bringen, nutzte er die Einrichtung indem er sie in die Räumlichkeiten der Versuchsstelle führte und mit Hilfe des Trautoniums praktische Versuche durchführen ließ. Trautwein selbst spricht diese Praxis Hindemiths in einem Brief an Sala aus dem Jahr 1955 an, in dem er sich Informationen über damalige Vorführungen zu Differenztönen erbittet: »Wissen Sie noch genauere Daten unserer Versuche etwa 1932, die Hindemith zu seinem Abschnitt über Kombinations-töne in seiner Unterweisung veranlasst haben? Es war doch so, dass eine Tonhöhe festgehalten und die andere gleitend verändert wurde.«⁶³⁶ Hindemith verstand es nicht nur, seinen Kompositionsunterricht mit neuesten Forschungsarbeiten zu bereichern und zu beleben, sondern schuf damit – ob in beabsichtigter Weise oder unbewusst kann aus heutiger Perspektive nicht mehr eindeutig nachvollzogen werden – eine Verbindung zwischen Forschungsarbeit und Ausbildungsinteresse.

Als möglicherweise bedeutendsten Faktor der Entstehung des Trautoniums, kann zusammenfassend die Konstellation folgender Personen festgehalten werden, die sich gemeinsam für eine Idee begeistern konnten und an einer förderlichen Institution zusammenfanden. Friedrich Trautwein als Ideengeber sowie als ›Initiator‹ auf technischer Seite, Paul Hindemith als bereits etablierter, technisch interessierter Komponist und Ratgeber auf künstlerischer Seite sowie Oskar Sala, als junger fähiger Musikbegabter und technikinteressierter Mitarbeiter, der darüber hinaus an der Universität Berlin vom Sommersemester 1931 an bis zum Wintersemester 1935/36 zusätzlich noch Naturwissenschaften studierte.⁶³⁷ Georg Schünemann wiederum gebührt die Nennung als Leiter der Rundfunkversuchsstelle, der damit die institutionellen Vo-

⁶³⁶ Brief Trautweins an Sala, undatiert, allerdings spricht er über einen geplanten Vortrag in Köln am 5. Dezember. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12387, fol. 1955/318. Salas Antwort erfolgt am 28. November 1955, Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12387, fol. 1955/317a und 317b. Auch erwähnt Oskar Sala im Interview mit Peter Frieß diese Unterrichtspraxis Hindemiths in seinem Interview mit Peter Frieß in: ders. (Hrsg.): *Oskar Sala. Pionier der elektronischen Musik*, unpaginiert. An dieser Stelle widerspricht Sala seiner eigenen Aussage im Interview mit Frau Fischer-Defoy, zwölf Jahre zuvor. Vgl. dies.: *Kunst Macht Politik. Die Nazifizierung der Kunst- und Musikhochschulen in Berlin*, S. 41.

⁶³⁷ Salas Matrikelnummer wird mit 8029/121 angegeben. Über das genaue Fach gibt die Eintragungen leider keine Angabe, lediglich das Kürzel ›naturw.‹ ist verzeichnet. An der gleichen Stelle findet sich auch der Vermerk über das Exmatrikulationsdatum, was mit dem 3. April 1936 angegeben ist. Vgl.: Humboldt-Universität zu Berlin, Universitätsarchiv, Bestand Rektorat Nr. 121, unpaginiert. Die erstmalige Nennung Salas im Studentenverzeichnis erfolgt für das Sommersemester 1931. Vgl. Humboldt-Universität zu Berlin, Universitätsarchiv, *Verzeichnis der Studierenden*, Sommersemester 1931, S. 180.

raussetzungen begründete. Im Gegensatz zu Lev Termens, Jörg Magers und der überwiegenden Zahl weiterer Instrumentenkonstruktionen, wurde das Trautonium bereits von Beginn an in der Rundfunkversuchsstelle von einem fachlich herausragenden Kreis von Personen technisch und musikalisch betreut. Dieser Faktor erweist sich insofern als besonders einflussreich, wenn man die Personen bzw. Personenkreise, die bei der Entstehung der zahlreichen weiteren elektroakustischen Instrumentenkonstruktionen beteiligt waren, zum Vergleich heranzieht. »Die Ingenieure elektrischer Musikinstrumente arbeiteten meist in der Industrie, der Forschung oder in gesellschaftlichen Anwendungsbereichen der Elektrotechnik wie Post oder Rundfunk. Sie trugen ihre zumeist traditionelle musikästhetische Vorstellung in die Konstruktion hinein.«⁶³⁸ Der Personenkreis um die Entstehung des Trautoniums beförderte eine vielseitige Prägung der Instrumentenkonstruktion.

Mit Oskar Sala kam ein junges Talent in Berührung mit einem jungen, vielversprechenden elektroakustischen Instrumenten, das über die politischen Umwälzungen ab 1933 hinaus eine bedeutende Rolle im Musikleben Deutschlands spielte. Er wirkte nicht nur als Interpret, sondern auch, wie noch zu zeigen sein wird, als Konstrukteur und Weiterentwickler des Trautoniums.⁶³⁹ Sowohl für Sala als auch für das Trautonium war diese Verbindung wegweisend. Georg Schünemann war der Mann im Hintergrund, der die Fäden des Netzwerkes zwischen den zahlreichen und unterschiedlichen Personen zu knüpfen vermochte. Sein Verdienst ist die Schaffung einer wegweisenden Institution. »In der Rundfunkversuchsstelle wird die neusachliche Auffassung, daß Musik und Technik miteinander verträglich und aufeinander angewiesen seien, institutionalisiert als Kooperation von Expertengruppen, der Musiker und Techniker [...].«⁶⁴⁰

⁶³⁸ Elena Ungeheuer: *Imitative Instrumente und innovative Maschinen? Musikästhetische Orientierung der elektrischen Klangmaschinen*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, S. 49.

⁶³⁹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 127–142 sowie S. 184–194. Peter Donhauser gibt einen ausführlichen Überblick nicht nur über Salas Konzerttätigkeit bis 1944, sondern auch über die Rezeption des Trautoniums in der Presse.

⁶⁴⁰ Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 183.



Abb. III-5: Diese Fotografie zeigt Friedrich Trautwein (stehend), im Vordergrund den Klavierlehrer Salas, Rudolph Schmidt sowie Oskar Sala selbst. Auf dem Tisch vor Schmidt ist eine frühe Form des Manuals zu erkennen, am rechten Bildrand das Gehäuse eines frühen Trautoniummodells. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 Friedrich Trautwein 01.

2) Konzept und Gestaltung des Trautoniums

Die erste bekannt gewordene Erscheinungsform des Trautoniums waren die drei Modelle der Rundfunkversuchsstelle, die für das elektrische Konzert zur Veranstaltung ›Neue Musik 1930 Berlin‹ verwendet wurden.⁶⁴¹ Wie es allerdings zu eben dieser ersten Modellkonzeption kam, ist heute nicht mehr eindeutig nachvollziehbar. Trautwein selbst bemerkt unter Nennung Georg Schünemanns als Bezugsperson, dass »...sich die zwingende Forderung nach einem Musikinstrument [ergab], welches nicht

⁶⁴¹ Zur Rezeption dieser ersten Präsentation des Trautoniums vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 72 f.

nur die auf elektrischem Wege möglichen Klangbildungen auswertet und ein bequem spielbares Manual besitzt, sondern das auch in der Bildung der Tonhöhe unbeschränkt wie die Streichinstrumente, also nicht an die temperierte Stimmung gebunden ist und z.B. Vibratos und Glissandos zulässt.«⁶⁴² Diese Darstellung der recht komplexen Konzeption spiegelt einerseits die großen Ambitionen der neugegründeten Rundfunkversuchsstelle wider. Andererseits darf nicht vernachlässigt werden, dass die Publikation Trautweins in gewisser Weise auch eine Form der Werbung für das neue Instrument darstellte, wodurch die Darstellung nicht unbedingt wissenschaftlicher Objektivität folgen musste.

Hinsichtlich finanzieller Rahmenbedingungen zur Realisierung verweist Sala in dem Interview mit Frau Fischer-Defoy auf Herrn Paschen, der als Geschäftsführer der Hochschule über die Einhaltung einer ökonomischen Arbeitsweise wachte.⁶⁴³ Sicherlich war die schwierige Weltwirtschaftslage einer der Hauptgründe, dass das erste Trautoniummodell, im Gegensatz zu Magers Weiterentwicklung des Sphärophons zum Partiturophon, kein großes, orgelartiges Instrument wurde. Eine mögliche Wahl dieses Instrumententyps ist nicht allein darauf zurück zu führen, dass Trautwein selbst Orgel spielen konnte.⁶⁴⁴ Hinsichtlich der Idee, unterschiedliche Klangfarben erzeugen zu können, wie es in seinem zweiten Patent DRP 469775 von 1924 formuliert ist, wäre die Orgel als der Archetyp zu verstehen. Bereits seit Jahrhunderten, besonders aber in den opulent ausgestatteten Orgelbauten des 19. Jahrhunderts, vereinte sie durch ihre verschiedenen Register eine vielfältige Klangfarbengestaltung in einem Instrument.⁶⁴⁵

Daneben kann jedoch auch der erheblich umfangreichere bauliche Aufwand als Ausschlussfaktor für die Konstruktion eines mehrstimmigen Modells angenommen werden. In Trautweins zweitem Patent sind dem Tongenerator insgesamt vier Resonanzkreise nachgeschaltet, die das erzeugte obertonreiche Angebot hinsichtlich dessen

⁶⁴² Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 12.

⁶⁴³ Oskar Sala im Interview mit Christine Fischer-Defoy, in dies.: *Kunst Macht Politik. Die Nazifizierung der Kunst- und Musikhochschulen in Berlin*, S. 41. Über die Funktion Herrn Paschens an der Hochschule vgl. auch den Brief Schünemanns an Trautwein vom 23. Dezember 1930, UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 13, fol. 208.

⁶⁴⁴ Vgl. Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, Sp. 1013.

⁶⁴⁵ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4. *Exkurs II: Erweiternde Innovation durch Technologietransfer im Orgelbau*, S. 163–170 in dieser Untersuchung.

Klangfarbengestaltung beeinflussen.⁶⁴⁶ Es hätte also für jeden Tongenerator eines mehrstimmigen Instruments eine eigene Vorrichtung mit diesen Resonanzkreisen konstruiert werden müssen, da einerseits eine Verknüpfung mehrerer Tongeneratoren mit dieser Resonanzkreisvorrichtung nicht möglich war. Andererseits stellte die Konstruktion eines Manuals für polyphone Spielweise große technische Herausforderungen, denen sich beispielsweise Jörg Mager bei seinem Partiturophon entzog, indem er mehrere einstimmig spielbare Manuale verwendete.⁶⁴⁷ Diesen Weg schlugen Bruno Helberger und Peter Lertes bei der Konstruktion ihres Hellertions ein. »Das hervorstechende Charakteristikum des Instrumentes waren die sogenannten ›Bandmanuale‹...«⁶⁴⁸ die, im Gegensatz zu einer Tastatur, prinzipiell eine stufenlose Tonhöhengestaltung, allerdings auch nur die Erzeugung eines Tones je Manual zuließen.⁶⁴⁹ Diese Grundidee einer potentiell stufenlosen Tonhöhengestaltung wurde letztendlich für das Trautonium übernommen, nachdem unterschiedliche Möglichkeiten, soweit es aus heutiger Perspektive nachvollziehbar ist, mindestens theoretisch in Erwägung gezogen wurden. Das Unterrichtsheft *Trautonium Schule*, das 1933 bei Schott's Söhne erschien, verweist ausdrücklich auf die Verwendung der Manualgestaltung nach Helberger und Lertes, ist aber auf das spätere Telefunken-Modell bezogen.⁶⁵⁰ Die Entstehung des ersten Trautoniums, das im Allgemeinen als Rundfunkversuchsstellen-Trautonium (RVS-Trautonium) bezeichnet wird, fällt mit den Anfängen der Versuchsstelle zusammen. Leider sind diesbezüglich keine Dokumente, wie Protokolle von Experimenten, Konstruktionspläne, oder jegliche Erwähnungen im Schriftverkehr erhalten. Allerdings mag es auch an der von Schünemann recht locker geformten und gehandhabten Arbeitsweise der Versuchsstelle liegen, dass bezüglich der Konzeption und Konstruktion des Trautoniums die heutige Quellenlage problematisch ist. »Die Arbeitsweise, die sich in dieser Konstellation ergab, ließ für Spontaneität Raum; sie besaß einen geringen Regelungs- und Organisationsgrad. Es gibt beispielsweise kaum Protokolle über Versuchsreihen.«⁶⁵¹ Dazu kommt noch die Möglichkeit

⁶⁴⁶ Vgl. hierzu die Hallformantentheorie Trautweins in III.3.3) *Die Klangsynthese und ihre elektrotechnische Umsetzung*, S. 252–263 in dieser Untersuchung.

⁶⁴⁷ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 196.

⁶⁴⁸ Ebenda, S. 46.

⁶⁴⁹ Vgl. ebenda, S. 47.

⁶⁵⁰ Vgl. Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, Vorwort.

⁶⁵¹ Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 261.

von Kriegsverlust, so dass letztendlich zu konzeptionellen Entwicklungsvorgängen von Modellen vor dem ersten Serienmodell der Firma Telefunken, keine Dokumente erhalten sind.

Die Tatsache der problematischen Überlieferung der Anfänge fällt bereits bei der bloßen Betrachtung von Abbildungen bzw. Fotografien der ersten Trautonium-Modelle auf. Das im Deutschen Museum München erhaltene RVS-Modell, Inv.-Nr. 64607 stellt laut Stempel auf dessen Deckelinnenseite wohl die zweite Anfertigung eines ersten Trautonium-Modelles überhaupt dar.⁶⁵² Allerdings ist es eine unterschiedliche Ausführung, verglichen mit dem Modell, das in dreifacher Ausführung für die Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹ verwendet wurde. Ein Vergleich der Abbildungen lässt Unterschiede im Arrangement und in der Anzahl der Drehregler erkennen.⁶⁵³ In der Tat handelt es sich bei dem im Deutschen Museum erhaltenen Gerät mit großer Sicherheit um eines der ersten Versuchs-Modelle des Trautoniums überhaupt, da sämtliche anderen Abbildungen das spätere Modell der ersten öffentlichen Vorstellung zeigen. Allerdings scheint kein weiteres Exemplar der beiden unterschiedlichen RVS-Modelle erhalten zu sein, womit an dieser Stelle lediglich vermerkt werden kann, dass es mit Sicherheit zwei unterschiedliche RVS-Modelle gab. Wie in einem späteren Abschnitt noch zu zeigen sein wird, gab es noch bis 1933 Versuche zur Verbesserung des Instrumentes, allerdings können im Zuge dieser Arbeiten keine neuen Modelle nachgewiesen werden. In der Tat scheint es wahrscheinlicher, dass lediglich das ›Innenleben‹ der vorhandenen Modelle, beispielsweise die Röhren und das Netzteil sowie die Bedienungselemente, abgeändert wurden.⁶⁵⁴

⁶⁵² Für die Möglichkeit, das RVS-Trautonium in der Dauerausstellung des Deutschen Museums näher betrachten zu dürfen gilt an dieser Stelle Frau Dr. des. Silke Berdux mein besonderer Dank für die freundliche Unterstützung.

⁶⁵³ Vgl. hierzu die Abbildungen des RVS-Trautonium im Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds des Deutschen Museum München sowie der Abbildung der drei Trautonium bei der Vorführung anlässlich der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹:

<http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/trautonium/rvs-trautonium/grossansicht-1/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. Ebenso ist in der alten Videoaufzeichnung mit dem Titel *Oskar Sala - Trautonium Rundfunkversuchsstelle Berlin 1930*, die Version des heute im Deutschen Museum befindlichen Trautoniums zu finden. Vgl.: <http://www.youtube.com/watch?v=FrAcSxlpJgk>. Darüber hinaus auch in dem Video mit dem Titel *Oskar Sala - Harald Genzmer - Paul Hindemith - Trautonium*. Vgl.: <http://www.youtube.com/watch?v=pTuY7jwUGZI>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. Vgl. ebenso die Abbildungen bei Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 37.

⁶⁵⁴ Vgl. hierzu den Abschnitt III.5. *Telefunken-Trautonium*, S. 266–277 in dieser Untersuchung.

Die einzigen zeitnah entstandenen und der heutigen Forschung erhalten gebliebenen Quellen über die frühe Konzeptions- und Entwicklungsgeschichte des Trautoniums sind, die eingangs bereits erwähnten Publikationen Trautweins zu *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik* im 51. Jahresbericht der Hochschule sowie seine ausführlichere Darstellung *Elektrische Musik*. In beiden Veröffentlichungen werden besonders die Konzeptionen der Interaktion auf dem neuen Instrument aus der Perspektive der praktischen Anwendung, aus dem Blickwinkel möglicher Interpreteten und damit im Grunde genommen bereits hinsichtlich späterer, für den Konstrukteur wie auch die Institution interessanter, ökonomischer Verwertung, beschrieben. Dabei stellt Trautwein gleichzeitig die charakteristischen Besonderheiten des Trautoniums gegenüber anderen elektroakustischen Musikinstrumenten heraus, wobei zunächst der Vorgang der Tonerzeugung und Beeinflussung, noch nicht jedoch die Kontrolle der Klangfarben, im Vordergrund steht.

»Wenn die Kunst wirklich bereichert werden soll, müssen dem Künstler neue Ausdrucksmöglichkeiten bereitgestellt werden. [...] Insbesondere muß die Tonauslösung durch ein wohldurchdachtes Spielbrett (Manual) so ermöglicht werden, daß sowohl schwierige und schnelle Passagen leicht und rein gespielt werden können als auch daß für getragene Partien die wertvollen Ausdrucksmittel der Streichinstrumente: Vibrato, Glissando, Kleinintervalle zur Verfügung stehen, und daß die Dynamik in weitesten Grenzen gebildet werden kann, sowohl hinsichtlich der Gesamtlautstärke als auch hinsichtlich einzelner individuell hervorzuhebender Töne und Tonreihen. Bereits hinsichtlich solcher konstruktiven Forderungen bedeutet das vom Verfasser entwickelte elektrische Musikinstrument ›Trautonium‹ einen Fortschritt gegenüber den Vorgängern.«⁶⁵⁵

Die hier vorgestellten Grundanforderungen dienen der musikalischen Gestaltung, den Ausdrucksformen, wie sie Musikern bereits von herkömmlichen Instrumenten bekannt waren. Mit Recht kann Trautwein sein Instrument hinsichtlich virtuoser wie auch getragener Spielmöglichkeit abgrenzen. Das Theremin, wie auch das Ondes Martenot und das Sphärophon weisen unter diesem Gesichtspunkt allein bereits Probleme auf.⁶⁵⁶ Die äußerst charakteristische Spielweise des Theremins erschwert ein getrenntes Spiel verschiedener Töne in schneller Abfolge. Dafür müsste zwischen

⁶⁵⁵ Friedrich Trautwein: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 31.

⁶⁵⁶ Vgl. zu den entsprechenden Konstruktionen den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

zwei Tönen die Hand, die für die Kontrolle der Dynamik zuständig ist, das elektromagnetische Feld der entsprechenden Antenne verlassen. Neben dem permanenten Tonhöhenglissando ist das Theremin ebenso durch ein Lautstärkeglissando charakterisiert, das allerdings weniger auffällig ist.⁶⁵⁷ Das Ondes Martenot weist erst in späteren Modellen eine funktionierende Klaviatur auf, die allerdings nur ohne Nutzung des Ringzuges in diskreten Tonhöhen gespielt werden konnte. Auch bei Magers Instrumenten ist eine virtuose Spielmöglichkeit weniger gegeben, da seine frühen Konstruktionen besonders auf Mikrointervalle, sein späteres Partiturophon eher auf gleichzeitige Hervorbringung unterschiedlicher Klangfarben ausgelegt waren.⁶⁵⁸ Hinsichtlich einer vielseitigen Spielweise war das Telharmonium bzw. Dynamophon mit dem Trautonium noch vergleichbar. Allerdings waren erstere an eine herkömmliche Tastatur bei dem ersten Modell, dem Werkstattinstrument in Holyoke, gebunden, auf der Mikrointervalle durch Einstellung der Tongeneratoren hervorgebracht werden konnten. Ein schnelles Umschalten der Generatoren war jedoch nur mit Wegnahme einer Hand vom Manual möglich, womit wiederum die Spielweise beeinträchtigt wurde. Ein vollständig stufenloses Spielen war für das praktische Spiel in Form von Glissandos nicht gegeben. Die bisher genannten Charakteristika werden beim Trautonium allesamt durch die spezielle Konstruktion des Manuals erfüllt, die sich, wie oben bereits belegt, an das Manual des Hellertions anlehnt. Dessen Weiterentwicklung scheint an der Rundfunkversuchsstelle erfolgt zu sein, in den Akten des Archivs der Universität der Künste finden sich zwar keine direkten Hinweise auf diese Tatsache. Indem Trautwein aber in seiner ausführlicheren Beschreibung *Elektrische Musik* mehrere Konstruktionsarten eines Manuals darstellt, ist eine entwickelnde Arbeit daran anzunehmen.⁶⁵⁹ In seinem Beitrag *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik* weist er sogar ausdrücklich, unter der Nennung Hindemiths darauf hin:

»Schon das erste bei dem Konzert am 20. Juni 1930 verwendete Manual gestattete die Bewältigung großer spieltechnischer Schwierigkeiten. Inzwischen ist auch dieses durch Mitarbeit von Professor Hindemith noch wesentlich verbessert worden. Während das erste Manual ganz an das Vorbild der Saiteninstrumente anlehnt und die Tonhöhenbildung dem musikali-

⁶⁵⁷ Vgl. hierzu auch Klaus Ebbecke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 80.

⁶⁵⁸ Vgl. zu Jörg Magers Konstruktionen den Abschnitt II.5.4) *Sphärophon*, S. 195–199 in dieser Untersuchung.

⁶⁵⁹ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 24 ff.

schen Gehör des Spielers überläßt, enthält das neue Manual außer der kontinuierlichen Tonskala auch festliegende Intervalle in temperierter Stimmung.«⁶⁶⁰

Die hier erwähnten unterschiedlichen Manualtypen fanden in Veröffentlichungen zum Trautonium bislang noch keine Erwähnung. Allerdings wird der Vorteil der Verwendung einer horizontal gespannten Drahtsaite als Manual, wie sie eben auch Oskar Sala in seinen eigenen Instrumentenkonstruktionen weiter verwenden wird, beschrieben. Diese Manualform verlieh dann auch Salas Mixturtrautonium bei dessen Konzert »...am 18. August 1988 in der Berliner Kongreßhalle...«⁶⁶¹ ein Aufmerksamkeit erregendes Unterscheidungsmerkmal gegenüber den geläufigen Synthesizern. Zu Beginn der Entwicklung des Trautoniums standen allerdings noch verschiedene Möglichkeiten der Manualgestaltung zumindest zur Diskussion, ohne dass man sich auf lediglich eine Version festlegen wollte. »Vielleicht wird auch die Vielseitigkeit der Konstruktionsmöglichkeiten für elektrische Musikinstrumente dazu führen, mehrere Manualformen durchzubilden und die Entscheidung für die eine oder andere Form dem Spieler zu überlassen.«⁶⁶² Hinsichtlich des Kontextes neuer, elektroakustischer Instrumentalkonstruktionen zu dieser Zeit war die Hinwendung der Konstrukteure zu neuartigen Interaktionsformen zwischen Interpret und Instrument nicht ungewöhnlich. Die Beispiele des Theremins und dem ersten Modell des Ondes Martenot stellen hierbei sicherlich die extremste Form dar, die eine taktile Interaktion zwischen Instrument und Interpret bezüglich der Tonhöhengestaltung nicht mehr verlangten. Das Manual von Helberger und Lertes – Bruno Helberger war Pianist – ist wiederum ein Beispiel für von Klavier bzw. Tasteninstrumenten abgeleitete und variierte Interaktion von einzelnen Tasten zu Bandmanualen. Einerseits ließen sie eine prinzipiell stufenlose Tonhöhengestaltung zu, andererseits konnte durch Verwendung mehrerer Bänder auch Mehrstimmigkeit erreicht werden. Für das Trautonium wurden allerdings nicht Bänder aus Gummi oder Leder verwendet, wie es beim Hellertion der Fall war.⁶⁶³ Es handelte sich vielmehr um eine Manualform, die so beschaffen ist, als läge eine einsaitige Geige vor dem Spieler, deren Tonhöhenverteilung eben derjenigen ent-

⁶⁶⁰ Ders.: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 31.

⁶⁶¹ André Ruschkowski: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, S. 74.

⁶⁶² Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 25.

⁶⁶³ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 46 f.

spricht, wie sie von herkömmlichen Tasteninstrumenten bekannt ist. Die Saite ist dabei nicht über einen hölzernen ›Hals‹, sondern über einer metallenen Schiene gespannt. Die Tonerzeugung erfolgt durch Niederdrücken der Saite bis zum Kontakt mit der Metallschiene. Durch den Kontakt wird ein Stromfluss ermöglicht, dessen Stärke Aufgrund des elektrischen Widerstandes des Manuals, der in tiefer Lage größer und in hoher Lage geringer ist, die Tonhöhe beeinflusst.⁶⁶⁴

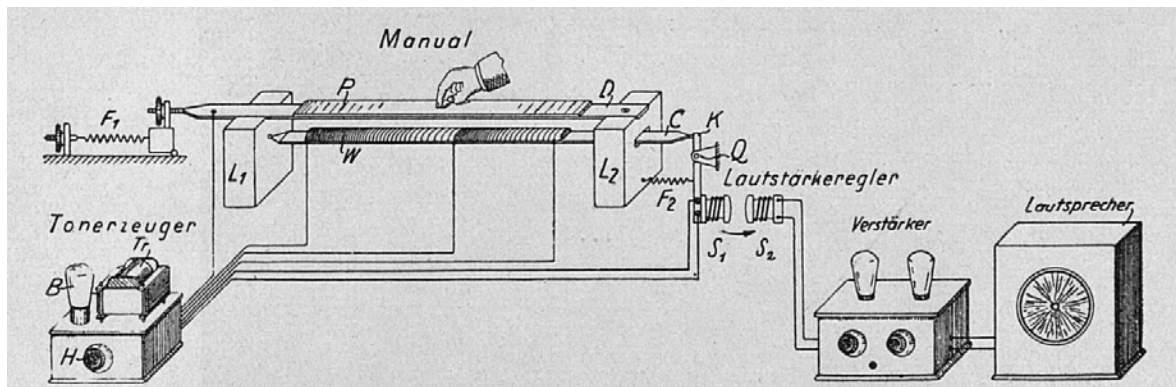


Abb. III-6: Schaltskizze zum Funktionsprinzip des Bandmanuals, wie es im Hellertion von Helberger und Lertes Verwendung fand. D = Metallband; P = Lederüberzug; W = Widerstand für dynamisch gestaltbares Spiel; L = Unterlagen; F = Federn; K = Hebel; Q = Aufhängung des Hebels; S = Spulen zur Übertragung der erzeugten Tonhöhe in den Lautsprecher. Durch Druck auf das Bandmanual wird der Hebel K derart bewegt, dass die Spule S₁ mit zunehmenden Druck näher an die Spule S₂ bewegt wird und damit mehr Energie an den Verstärker übertragen wird. Abbildung aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

Trautwein weist im obigen Zitat noch darauf hin, dass das Manual der Uraufführung keinerlei Orientierungshilfe zum exakten Abgreifen einer gewünschten Tonhöhe besaß. Vergleicht man die erhaltenen Abbildungen dieser Aufführung, ebenso wie die Abbildung des im Deutschen Museum erhaltenen RVS-Trautoniums mit dieser Aussage, ist die Form des Manuals eindeutig als die des Saitenmanuals mit metallener Schiene ohne weitere Orientierungshilfe erkennbar.⁶⁶⁵ Diese Form der Tonhöhengestaltung birgt allerdings den von Trautwein hervorgehobenen Nachteil, dass ein besonders ausgebildetes Gehör vorauszusetzen ist, um so rein wie möglich auf der Saite intonieren zu können. Dies veranlasste ihn später, »...eine Spielhilfe zur exakten Auffindung bestimmter Töne auf dem Saiten-Manual durch elastische Tasten über dem

⁶⁶⁴ Nähere Ausführungen über das Manual folgen im Abschnitt III. 5. *Das Telefunken-Trautonium*, S. 266–277 in dieser Untersuchung.

⁶⁶⁵ Vgl. die Abbildung bei Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 69 sowie der Abbildung des RVS-Trautoniums auf der Internetseite des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/trautonium/grossansicht-1/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

Draht...« zum Patent anzumelden, was unter der Bezeichnung DE 653093 am 5.3.1931 erteilt wurde.⁶⁶⁶

Die Auffassung dieser Tatsache als Problem weist in Trautweins Publikation darauf hin, dass der Gedanke einer wirtschaftlichen Verwertung der neuartigen Instrumentenkonstruktion zumindest hintergründig vorhanden war, denn eben dieser Umstand der exakten Tonhöhenfindung wurde nachfolgend geändert. Dabei scheint es sich um ein Manual gehandelt zu haben, das neben kontinuierlicher Tonhöhengestaltung auch temperiertes Intervallspiel ermöglichte. Da bisher keinerlei Hinweise auf Gestaltung bzw. Aussehen dieses Manuals erhalten sind, kann nur vermutet werden, dass das vorgestellte Konzept zumindest annähernd demjenigen entspricht, das Trautwein in seiner Beschreibung *Elektrische Musik* neben anderen erläutert.



Abb. III-7: Manualansicht des Telefunken-Trautoniums mit darüber befindlichen Hilfstasten. Dieses Instrument befindet sich heute im Musikinstrumentenmuseum Berlin SIM PK. Kat.-Nr.: 5264.

»Eine Lösung der Aufgabe, die Klaviertastatur beizubehalten, aber die Möglichkeit zu geben, auch engere als Halbtonintervalle zu greifen und Vibratos auszuführen, wird durch eine Tastenkonstruktion gegeben, bei

⁶⁶⁶ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 68, Patentbezeichnung in Fußnote 6. Vgl. ebenda, S. 280.

welcher die Anordnung im wesentlichen der Klaviatur gleicht, aber die Breite der Tasten etwas geringer ist. Die Tasten gestatten außer der Bewegung des Niederdrückens auch eine seitliche Verdrehung. Die der temperierten Stimmung entsprechenden Tastenstellungen werden durch leichte Federkräfte festgehalten. Die seitlichen Verdrehungen der Tasten ergeben nach oben und unten Verstimmungen bis zu je $\frac{1}{4}$ Ton. Über die musikalische Brauchbarkeit einer solchen Klaviatur liegen bis jetzt noch keine Erfahrungen vor.«⁶⁶⁷

Diese Form der Manualgestaltung gibt prinzipiell der Spielweise eines Klaviers bzw. Tasteninstrumentes den Vorzug, soll aber dennoch durch Modifikation in Form von möglichen Seitenbewegungen einzelner Tasten, Mikrointervalle mit realisierbar machen, wie es auch beim Ondes Martenot der Fall war.⁶⁶⁸ Sie verdeutlicht, wie wichtig der Aspekt der Hervorbringung von Mikrointervallik für die Gestaltung des Trautoniums, wie übrigens auch für die meisten elektroakustischen Musikinstrumente war.⁶⁶⁹ Ebenso deutet Joachim Winckelmann die Bedeutung, speziell der Vierteltöne, an. »Für allereinfachstes Spielen könnte z.B., ähnlich wie bei einem Klavier eine Tastatur angewandt werden; diese aber würde einen Verzicht auf die Vierteltöne bedeuten und vor allem wäre kein Vibrato möglich.«⁶⁷⁰ Die Betonung der Möglichkeit, Vibrato nicht realisieren zu können, ist hinsichtlich einer fehlenden Komponente zur Belebung des Tones durch den Spieler ebenfalls von Bedeutung. Das Vibrato würde dem Manual eine weitere Dimension der musikalischen Gestaltung verleihen, was im Kontext der damaligen Zeit erläuterungswert erscheint. An dieser Stelle kann zwar nicht in aller Ausführlichkeit auf die sich ändernde Praxis des Streichinstrumentenvibratos in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts eingegangen werden. Die stark zunehmende Anwendung zeichnet sich allerdings bereits bei kurzer Betrachtung entsprechender Erläuterungen in bedeutenden pädagogischen Werken über das Violinspiel ab. In der *Violinschule* Joseph Joachims und Andreas Mosers wird die Ästhetik des Vibratospieles von Louis Spohr übernommen. Dieser begründete es mit der Nach-

⁶⁶⁷ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 26.

⁶⁶⁸ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.3) *Ondes Martenot*, S. 191–195 in dieser Untersuchung. Inwiefern Trautwein hier von dem französischen Instrument inspiriert war, konnte im Zuge dieser Untersuchung nicht evaluiert werden.

⁶⁶⁹ Vgl. zur Gestaltung der Spielmöglichkeiten elektroakustischen Instrumenten den Abschnitt II.5. *Auswahl bedeutender Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente*, S. 179–199 in dieser Untersuchung.

⁶⁷⁰ Fritz Winckelmann: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument* (= Deutsche Radio-Bücherei 17), Berlin 1930, S. 9.

ahmung des leidenschaftlichen Affektes der menschlichen Gesangsstimme. »Die oben bezeichneten Momente, wo die Bebung beim Sänger bemerkbar wird, deuten auch dem Geiger ihre Anwendung an. Er verwende sie also nur zum leidenschaftlichen Vortrage und zum kräftigen Herausheben aller mit *fz* oder *>* bezeichneten Töne.«⁶⁷¹ Die Nachahmung der menschlichen Stimme wird hier verstanden als Imitation des lebendigen bzw. belebten Tones, den der Violinist nun seinem Instrument entlocken kann, womit diese Violinschule sich als Nachkomme der Klangästhetik des 19. Jahrhunderts ausweist.⁶⁷² Neben diesem Aspekt nennt Carl Flesch in seiner *Kunst des Violinspiels* einen weiteren, besonders hinsichtlich der aufgetretenen Medien, besonders der Schellack-Platte, bedeutsamen Aspekt des Vibratos. »Daß die Individualität des Spielers sich am sinnfälligsten in der ihm und nur ihm allein eigenen Tonqualität ausdrückt, wird wohl niemand bestreiten. Die Behauptung jedoch, daß die Eigentümlichkeit einer Tonqualität in erster Linie durch das Vibrato bestimmt werde, scheint sonderbar. Doch nur im ersten Augenblick.«⁶⁷³ Der ab 1928 an der Musikhochschule in Berlin lehrende Violinvirtuose gibt damit einen indirekten Hinweis, dass künstlerisch-individueller Ausdruck durch das jeweils charakteristische Vibrato, auch bei Aufnahmen, erkennbar bleibt. Hinsichtlich des Trautoniums bleibt somit festzuhalten, dass es aus einem Umfeld stammt, das durch herausragende Violin-Professoren und deren Ansichten über das Vibratospiel geprägt war. Indem Flesch die Bedeutung des Vibratos sowohl hinsichtlich der Lebendigkeit des Klangs, als auch der Individualität künstlerischen Ausdrucks betont, ergeben sich wichtige Argumente für die Übertragung dieser musikalischen Gestaltungsmöglichkeit auf das Trautonium. Für die vorliegende Untersuchung ist die These von Mark Katz besonders interessant, die er bezüglich solistisch auftretender Violinisten und deren Tätigkeit für Plattenfirmen, also Aufnahmen ihres Spiels, formuliert:

»First, it helped accommodate the distinctive and often limited receptivity of early recording equipment. Second, it could obscure imperfect intonation, which is more noticeable in a recording than in a live setting. And

⁶⁷¹ Louis Spohr, zitiert nach: Joseph Joachim/Andreas Moser: *Violinschule in 3 Bänden*, Berlin 1905, S. 96.

⁶⁷² Vgl. Nicolas Hellenkemper: *Instrumentalvibrato im 19. Jahrhundert. Technik – Anwendung – Notationsformen. Mit einem Ausblick ins 20. Jahrhundert* (= Schriften zur Musikwissenschaft aus Münster 24), Schneverdingen 2007, S. 291.

⁶⁷³ Carl Flesch: *Die Kunst des Violinspiels*, Berlin 1929, S. 22.

third, it could offer a greater sense of the performer's presence on a record, conveying to unseeing listeners what body language and facial expressions would have communicated in concert.«⁶⁷⁴

Sicherlich ist diese These keine vollständige Erklärung für die Wandlung der Aufführungspraxis hinsichtlich des Saiteninstrumentenspiels. Die Tatsache jedoch, dass das Vibrato auch für das Spiel auf dem Trautonium – bei entsprechender Manualgestaltung – möglich gemacht werden sollte, wie es Winckelmanns Anmerkung nahe legt, wird durch Katz' These in den Kontext gerückt, der bezeichnend für die Institution der Rundfunkversuchsstelle ist. Die Rahmenbedingungen einer Aufnahme des Trautoniums sind ebenso bedeutsam wie die Möglichkeit der Imitation herkömmlicher Streich- aber auch Blasinstrumente durch Vibrato und damit die mögliche Anwendung des Trautoniums als Surrogat, sollten herkömmliche Instrumente nicht greifbar sein. Die Erwägung einer solchen musikalischen Gestaltungsmöglichkeit in Verbindung mit einer modifizierten Klaviatur, wie sie Trautwein beschreibt, unterstreicht somit abermals den Hintergedanken einer späteren wirtschaftlichen Verwertung des Instrumentes, indem sie Künstlern und potentiellen Käufern das bekannte Interaktionsprinzip zwischen Interpret und Instrument als Spielweise sowie bekannte Gestaltungsmöglichkeiten anbietet.

An gleicher Stelle der Publikation *Elektrische Musik* ist aber auch diejenige Alternative erläutert, wie sie auch seit dem von der Firma Telefunken industriell gefertigten, sogenannten Telefunken-Trautonium, in allen weiteren Trautoniummodellen anzutreffen ist. Sie steht in Trautweins Publikation jedoch ausdrücklich in Zusammenhang mit einstimmigem Spiel, was bei der Manualgestaltung mithilfe einer modifizierten Klaviatur keinerlei Erwähnung findet.

»Für ein Eintonisnstrument konnte man unbedenklich auch nach Art der Saiteninstrumente ganz auf Festlegung enger Intervalle verzichten, es genügt, dem Spieler Anhaltspunkte zu geben, etwa in Quintenabständen. Bei mehrstimmigem Spiel stellt aber das Auffinden der Töne allzu hohe Anforderungen an die Spieltechnik. [...] Wenn man die Vorteile einer größeren Anzahl von Anhaltspunkten für die Tonintervalle zur Erleichterung des Spieles, andererseits aber auch Freiheit in der Tonhöhenbildung beibehalten will, so führen diese Überlegungen dazu, auf dem Spielmanual Markierungen vorzusehen, die die Halbtonintervalle festlegen, aber dem

⁶⁷⁴ Mark Katz: *Capturing sound: how technology has changed music*, Berkeley u.a. 2010, S. 102.

Spieler die Möglichkeit lassen, zwischen diese Intervalle zu greifen, insbesondere auch Vibratos auszuführen.«⁶⁷⁵

Das mehrstimmige Spiel auf einer einzigen Saite des Manuals war damals noch nicht realisierbar. Somit steht für Trautwein in dessen Beschreibung über das Trautonium die Gestaltung des Manuals mit einer modifizierten Klaviatur noch im Vordergrund, da Mehrstimmigkeit mit einzelnen Tasten bereits möglich war. Ebenso stellt er die Möglichkeit der einfachen Markierung in Form »...einer an dem Manual befestigten Bezeichnungsleiste...«⁶⁷⁶ dar. Gegenüber der ab dem Telefunken-Trautonium dann tatsächlich verwendeten Manualgestaltung in der Form, wie sie auch für die Erstvorführung am 20. Juni 1930 verwendet wurde, benennt Trautwein die modifizierte Klaviaturform sowie eine weitere Form als »...zwei Grundformen von vollkommeneren Spielmanualen...«⁶⁷⁷, die eine »...vollkommene Verschmelzung von Tonauslösung und Lautstärkeregelung...«⁶⁷⁸ ermöglichen sollten. Neben der modifizierten Klaviatur handelt es sich dabei um ein walzenförmiges Manual, das »... eine fagottähnliche Haltung beim Spielen...«⁶⁷⁹ erfordert hätte. Prinzipiell kann es in der Tat als ein hohler Fagottkorpus angesehen werden, auf dem durch völlig freie Platzierung der Finger und Niederdrücken der Oberfläche auf eine innerhalb des Korpus angebrachte Kontaktfläche, stufenlose Tonhöhengestaltung ermöglicht worden wäre.⁶⁸⁰ Diese beiden Alternativen dürfen wohl, neben einer generellen Bereitschaft zum Experimentieren mit neuen Interaktionsformen zwischen Interpret und Instrument, auch als Versuch gesehen werden, in einer späteren Instrumentenkonstruktion ohne bereits erteilte Patente Dritter auszukommen.

⁶⁷⁵ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 26.

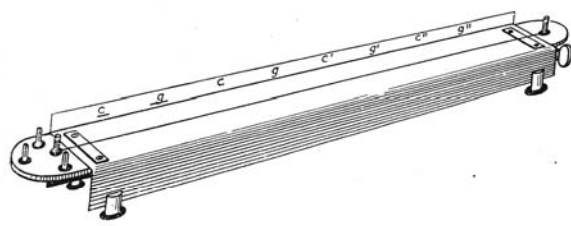
⁶⁷⁶ Ebenda.

⁶⁷⁷ Ebenda, S. 28.

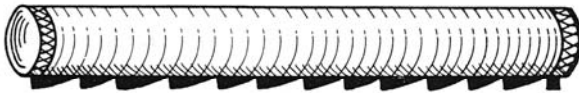
⁶⁷⁸ Ebenda, S. 33.

⁶⁷⁹ Ebenda, S. 28.

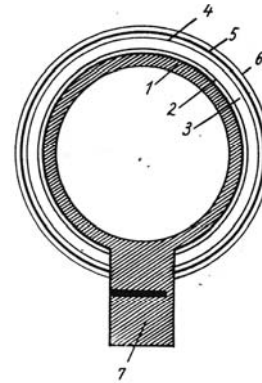
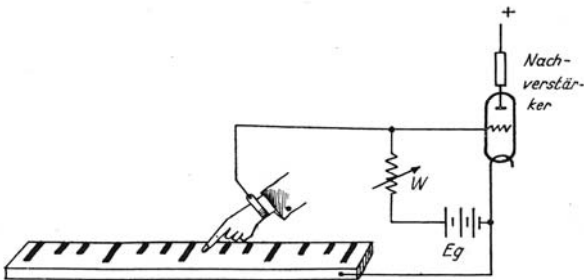
⁶⁸⁰ Ebenda, S. 33 f.



Einfaches Spielmanual.



Walzenförmiges Spielmanual.



Querschnitt durch ein walzenförmiges Manual (schematisch).

Abb. III-8: Die drei in Trautweins *Elektrische Musik* vorgestellten Manualalternativen. In der Querschnittansicht entsprechen 1 = Isolierkörper; 2 = Widerstandswicklung; 3 = Luftzwischenraum; 4 = innere Metallbelegung; 5 = isolierende Zwischenlage; 6 = äußere Metallbelegung.

Abbildungen aus Trautweins *Elektrische Musik*.

Das Manual in Gestalt einer über eine Metallschiene gespannten Saite, wie es sich schließlich beim Trautonium auch durchsetzte, ermöglichte dagegen ein völlig stufenloses Spiel optimal.⁶⁸¹ Zusammen mit der einfach zu kontrollierenden Möglichkeit, unterschiedliche Klangfarben hervorzubringen, vermochte das Trautonium bereits bei den inoffiziellen Vorführungen in der Rundfunkversuchsstelle das Interesse der Studenten und auch Paul Hindemiths zu erwecken.⁶⁸² Das Problem des mehrstimmigen Spiels hätte zu dem damaligen Zeitpunkt lediglich durch die Verwendung mehrerer Manuale in einem Instrument, wie es beim Hellertion und auch ab dem Rundfunk-Trautonium der Fall war, oder durch die Verwendung mehrerer Instrumente, wie bei der ersten öffentlichen Vorstellung des Trautoniums im Zuge der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹, gelöst werden können.

Das Manual des Trautoniums ist nicht die einzige Interaktionsmöglichkeit zwischen Interpret und Instrument. Daneben wird noch die Interaktionsform zur Klangfarbenkontrolle bei der Gestaltung des Instrumentes eine wesentliche Rolle spielen. In dieser Hinsicht unterscheidet sich das Trautonium, verglichen mit anderen elektroakustischen Instrumenten, lediglich vom Theremin, das nur eine zweidimensionale

⁶⁸¹ Vgl. Klaus Ebbecke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 92 f.

⁶⁸² Vgl. ebenda.

Kontrolle, nämlich Tonhöhe und Dynamik, zulässt. Bei den Konstruktionen Magers – ausgenommen dem Kurbelsphärophon, bei dem die Hervorbringung von Mikrointervallen noch im Vordergrund stand – wie auch dem Telharmonium bzw. Dynamophon von Thaddeus Cahill waren Vorrichtungen zur Klangfarbengestaltung dem Interpreten zur Verfügung gestellt worden. Das Theremin kann unterschiedlichen Klangfarben zwar prinzipiell hervorbringen, aber nicht durch eine Bedienungsform, die während des Spiels einen Wechsel zwischen ihnen ermöglichen würde. Für eine Klangfarbenänderung hätten die Röhren zur Tonerzeugung ausgewechselt werden müssen, das Spiel wäre also länger unterbrochen worden. Ein charakteristisches, wenn nicht sogar das – zumindest für die ersten Zuhörer – am meisten ins Auge, vielmehr ins Ohr fallende Merkmal des Trautoniums war jedoch die Möglichkeit der Klangfarbengestaltung. »Die elektrische Nachbildung der bei den akustischen Musikinstrumenten vorliegenden physikalischen Verhältnissen ist das Hauptmerkmal des Trautoniums.«⁶⁸³ Die Beschreibungen der Klangfarbenkontrolle als Element der Interaktion zwischen Interpret und Instrument, wurde von Trautwein in seinen beiden, bis zu diesem Punkt herangezogenen Publikationen, allerdings nicht weiter erläutert. Vielmehr beschreibt er in beiden Fällen die wissenschaftlichen Grundlagen, die er als neue Theorie über das Zustandekommen von Klangfarben für deren künstliche Erzeugung zugrunde gelegt hat. Über die konkrete Gestaltung der Interaktionsmöglichkeit zur Klangfarbengestaltung durch Drehregler am Gehäuse des Instrumentes ist lediglich eine Publikation erhalten, die allerdings nicht über die Entwicklungsgeschichte der Gestaltung Auskunft gibt und darüber hinaus nicht auf das RVS-Trautonium bzw. dem Modell der Erstvorführung bezogen ist, sondern das Telefunken-Trautonium beschreibt. Die *Trautonium Schule*, die Friedrich Trautwein unter der Mitarbeit Paul Hindemiths und Oskar Salas herausgab, ist als Einführungs- und Übungsheft zum Spiel auf dem Telefunken-Modell zu verstehen. Da zudem, wie oben bereits erwähnt, keinerlei Aufzeichnungen, Protokolle oder auch nur Erwähnungen in Korrespondenzen über die Gestaltung der Interaktion zwischen Interpret und Instrument hinsichtlich der Klangfarbenkontrolle erhalten zu sein scheinen, kann hier nicht näher auf diesen Aspekt eingegangen werden. Es ist zwar eine Ähnlichkeit mit dem späteren

⁶⁸³ Friedrich Trautwein: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 34.

Telefunken-Trautonium anzunehmen. So sind sicherlich neben der Klangfarbenkontrolle einige der Drehregler am Gehäuse des Instrumentes – bei beiden RVS-Modellen – für die Einrichtung der Stimmung und der Mensurweite vorgesehen.⁶⁸⁴ Durch eine Nachaufnahme zweier der sieben Triostücke Hindemiths vom 30. November 1930 ist allerdings ein wertvoller Beleg für die rasch wechselbare Einstellung der Klangfarbe für das Modell der ersten öffentlichen Präsentation des Trautoniums am 20. Juni 1930 bis heute überliefert.⁶⁸⁵ Man kann zwar davon ausgehen, dass zur Uraufführung zwischen den einzelnen Stücken lediglich eine kurze Unterbrechung erfolgte, innerhalb derer die Interpreten ihre Klangfarben für das folgende Stück eingestellt haben. Die Ausführung eines Klangfarbenwechsels während des Spiels, wie es Ebbeke für das zweite Triostück feststellt, bestärkt zudem die Vermutung über rasch wechselbare Klangfarben. Mit Sicherheit lässt sich diese Tatsache allerdings erst durch die Hörprobe des zweiten Stückes bestätigen, die durch die Präsentation der Nachaufnahme auf der Internetseite des Deutschen Rundfunkarchivs ermöglicht wird. Zudem ist eine Filmaufnahme erhalten und zugänglich, in der das frühe Modell der RVS-Trautonium demonstriert wird. Eben der Klangfarbenwechsel während des Spiels wird hier vorgeführt.⁶⁸⁶

Als dritte Interaktionsmöglichkeit bietet das Trautonium ein Pedal, dessen Funktion bei den RVS-Modellen unklar ist, da auch hierüber keinerlei Informationen bzw. Dokumente mehr auffindbar zu sein scheinen. Somit kann auch in diesem Fall zunächst lediglich Trautweins Publikation *Elektrische Musik* herangezogen werden, in der sich Hinweise zur Konzeption der musikalischen Gestaltung mit Hilfe des Pedals finden. Interessanterweise nennt er die »...Einstellung der Klangfarben [...] in allen Fällen zweckmäßigerweise einem Fußpedal übertragen...«⁶⁸⁷, womit anzunehmen ist, dass diese Funktion auch bei den RVS-Trautonium der öffentlichen Erstvorführung vorhanden war. Diese Annahme wird dadurch unterstrichen, dass zum einen die Mög-

⁶⁸⁴ Hinsichtlich der Kontrollelemente des Telefunken-Trautoniums vgl. den Abschnitt III.5. *Das Telefunken-Trautonium*, S. 266–277 in dieser Untersuchung.

⁶⁸⁵ Internetseite des Deutschen Rundfunkarchivs: *Das besondere Dokument – 2010/2. Oskar Sala zum 100. Geburtstag*. <http://www.dra.de/online/dokument/2010/dok2010-2.html>. Zuletzt aufgerufen am 27. Mai 2014.

⁶⁸⁶ Vgl. hierzu das Video *Oskar Sala - Trautonium Rundfunkversuchsstelle Berlin 1930*: <http://www.youtube.com/watch?v=FrAcSxlpJgk>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁶⁸⁷ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 25.

lichkeit der Hervorbringung unterschiedlicher Klangfarben ein wichtiges Charakteristikum des Trautoniums darstellt. Darauf aufbauend scheint zum anderen die Gestaltung dieses Charakteristikums der Interaktion dadurch unterstützt zu werden, dass die Hände und damit der Prozess des Musizierens unabhängig von zumindest einem Teil der Klangfarbengestaltung belassen wurden. Klangfarbenänderung konnte also in gewisser Weise durch niederdrücken des Pedals beeinflusst werden, indem dadurch »...Formantkondensatoren [...] gleitend verändert werden.«⁶⁸⁸ Damit konnte die Tonhöhe der Formanten beeinflusst werden. Dass dies jedoch nur ein Aspekt der Klangfarbengestaltung ist, erläutert Trautwein kurz davor. »Die Einstellung der Klangfarben kann durch registerartige Schalter bewirkt werden.«⁶⁸⁹ Das Pedal fand darüber hinaus keine weitere Erwähnung, interessanterweise auch nicht hinsichtlich der dynamischen Kontrolle, wie es später beim Telefunken-Trautonium ausschließlich der Fall sein sollte. Zwar stellte Trautwein kurz die Überlegung an, das Pedal für die Lautstärkeregelung zu nutzen, ging aber nicht weiter auf eine tatsächliche Lautstärkeregelung ein.⁶⁹⁰ Dahingegen findet sich bei Joachim Winckelmann »...die Regulierung mittels des Fußes [...] als bequemste und feinfühligste...«⁶⁹¹, womit die Funktion des Pedals wiederum mehrdeutig dokumentiert erscheint. Bis an diese Stelle kann nicht eindeutig geklärt werden, wofür das Pedal, besonders ab den drei zur ersten öffentlichen Präsentation des Trautoniums verwendeten Modellen eingesetzt wurde. In der später erscheinenden *Trautonium Schule* wird das Pedal des Telefunken-Trautoniums lediglich als Lautstärkereglер beschrieben, der wie ein Orgelschweller wirkt.⁶⁹²

Insgesamt stellen die drei Interaktionsebenen des Manuals, der Einstellungsmöglichkeiten an der Blende des Gehäuses und das Pedal ein Kompendium an musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten dar, die dem Trautonium gegenüber den damaligen elektroakustischen Klangerzeugern durchaus einen Vorsprung gewährten. Es ist also nicht übertrieben, wenn Trautwein zusammenfassend feststellt:

⁶⁸⁸ Ebenda, S. 36.

⁶⁸⁹ Ebenda.

⁶⁹⁰ Ebenda, S. 32 f.

⁶⁹¹ Joachim Winckelmann: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument*, S. 12.

⁶⁹² Vgl. Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, S. 12.

»Es ist also ein Musikinstrument geschaffen, das alle musikalischen Ausdrucksmöglichkeiten zulässt, den althergebrachten Musikinstrumenten durchaus ebenbürtig ist und darüber hinaus neue musikalische Wirkungen ermöglicht. Es hat den Vorteil, daß der Spieler nur eine Spieltechnik zu erlernen braucht, um alle Instrumente von Kontrabaß bis zur Pikkoloflöte mit allen Zwischenstufen zu beherrschen. Die Aufgabe des elektrischen Musikinstruments besteht nicht allein in der Nachahmung bekannter Klänge, sondern darüber hinaus in der Bereitstellung neuer Klänge und Spielmöglichkeiten.«⁶⁹³

Der hier angedeutete Weg eines allmählichen Herantastens an die konkrete Erscheinungsform der beiden Trautoniummodelle der Rundfunkversuchsstelle zeigt einen Prozess der allmählichen Entstehung auf, innerhalb dessen Alternativen stets bedacht wurden. Dies geschah neben Überlegungen aus spielpraktischer Perspektive sowie einer später zu erfolgenden elektrotechnischen Realisierung, sicherlich auch aus Überlegungen bezüglich bereits vorhandener Patentrechte Dritter sowie dem höchst wahrscheinlichen Zwang zu ökonomischem Vorgehen bezüglich des gesamten Entwicklungsprozesses. Inwiefern bestimmte Personen jedoch einen konkreten Einfluss auf die Gestaltung beispielsweise des Manuals gehabt hatten, wie es landläufig für Paul Hindemith angenommen wird, kann anhand der heutigen Quellenlage lediglich vermutet werden.⁶⁹⁴ Hindemiths Sympathie zu der später dann realisierten Manualgestaltung liegt zwar nahe, aber aus den vorhergehenden Ausführungen kann geschlossen werden, dass die Vereinigung der zahlreichen geforderten Aspekte mit dem damaligen Stand der Technik wohl am ehesten durch eine solche Manualform umgesetzt werden konnte. Die Kombination eines solchen Manuals mit einem Pedal, das zur generellen Lautstärkegestaltung und möglicherweise zur Klangfarbenbeeinflussung diente, machen das Trautonium zu einem ungewöhnlich vielfältigen Instrument unter den elektroakustischen Instrumentenkonstruktionen, wobei die vielfältige Klangfarbengestaltung in hoher Qualität wohl das herausragende Charakteristikum war.

⁶⁹³ Ders.: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 34.

⁶⁹⁴ Vgl. Klaus Ebbecke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 93. Darüber hinaus Dietmar Schenk: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, S. 191. Schenk beruft sich auf Interviews, sowohl mit Sala, als auch mit Trautwein selbst.

3) Die Klangsynthese und ihre elektrotechnische Umsetzung

Die Konzeption des Trautoniums ist mit den Darstellungen der äußeren Merkmale und den gegebenen Interaktionsebenen des Interpreten mit dem Instrument noch nicht vollständig. Wie bereits bei herkömmlichen Instrumenten ist die spezifische Ton- bzw. Klangerzeugung auch von der Konstruktion abhängig. Bei herkömmlichen Instrumenten erscheint es heutzutage nicht mehr notwendig, die spezifische Tonerzeugung zu erläutern, da diese bereits durch übergreifende Begriffe, wie Streich-, Zupf-, Blas- oder Schlaginstrument hinreichend geklärt erscheint. Auch die besonders im anglo-amerikanischen Raum fortgeführte Arbeit von Curt Sachs und Erich Moritz von Hornbostel trug zur Verbreitung des Wissens um die Tonerzeugung bestimmter Instrumentengruppen bei, indem ihr Vorschlag zur Systematisierung der Musikinstrumente die Tonerzeugung als unterscheidendes Merkmal heranzieht.⁶⁹⁵ Die elektroakustischen Instrumentenkonstruktionen, die ab den letzten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts stetig zunahmen, eröffnen hinsichtlich der Ton- und besonders auch der Klangerzeugung ein neuartiges und weites Feld. Elektrotechnische Umsetzungen bilden stets zwei Stände von Wissen und Bewusstsein ab. Es müssen sowohl naturgegebene akustische Phänomene über die Beschaffenheit von Ton und Klang verstanden werden, als auch elektrotechnische Vorrichtungen und damit verbundener Möglichkeiten zur künstlichen Nachbildung. Die Nachbildung darf allerdings nicht zwangsläufig auch Funktionsbezogen verstanden werden, in der Art, dass elektroakustische Instrumente lediglich Nachahmer herkömmlicher Instrumente sind, wie es Friedrich Trautwein bereits feststellte. Er selbst ist, ebenso wie Thaddeus Cahill, Lev Termen, Maurice Martenot und Jörg Mager ein Beispiel für breit gefächertes Interesse und dessen Anwendung zu einer interdisziplinäre Leistung mit dem Ziel, dieses in Form einer Instrumentenkonstruktion gezielt zu nutzen. Bei der Konstruktion seines Telharmoniums konnte Cahill im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts allein auf die akustischen Erkenntnisse Hermann von Helmholtz‘ zurückgreifen. Seine Instrumente und die dort angewandte additive Klangsynthese haben noch heute Einfluss, indem beispielsweise die Hammond-Orgel auf deren elektrotechnische Vorrichtung zur

⁶⁹⁵ Vgl. hierzu den Abschnitt II.1. *Organologische Erfassung*, S. 87–101 in dieser Untersuchung.

Klanggestaltung zurückgreift und sie bis in unsere Gegenwart weiterleben lässt.⁶⁹⁶ Ebenso besteht die subtraktive Klangsynthese, wie sie Trautwein anwendete, bis heute – natürlich neben zahlreichen weiteren – als ein wichtiger Bestandteil der gegenwärtigen Musikkultur fort.

In der Literatur über elektroakustische Musikinstrumente fehlt zumeist eine Erläuterung über die Theorie zur Synthese, was allerdings häufig eine Begründung durch die jeweiligen Konzeptionen findet, die überwiegend historiographisch und teleologisch auf die Arbeiten des *Kölner Studios* des WDR ausgerichtet sind.⁶⁹⁷ Der vorliegende Fall, dass für das Trautonium eine theoretische Überlegung aus der Feder des Entwicklers selbst erhalten ist, bedeutet einen besonderen Glücksfall für die Forschung und hebt das Trautonium in diesem Aspekt sehr deutlich von zeitgenössischen aber auch früheren elektroakustischen Instrumentalkonstruktionen hervor. Durch seine sogenannte Hallformantentheorie bietet Friedrich Trautwein nicht nur einen einmaligen Einblick in seine Ausgangsidee zur Hervorbringung unterschiedlicher Klangfarben, sondern aufgrund dieser Theorie beschreibt er auch im Detail den Aufbau und die Anordnung der unterschiedlichen elektrotechnischen Bauelemente im Innern des Instruments. Die Umsetzung der Tonerzeugung und Klangsynthese erfolgt beim Trautonium, wie Trautwein selbst in seiner Publikation *Elektrische Musik* darlegt, in Anlehnung an die damals verbreiteten Erkenntnissen der Forschungen zur menschlichen Anatomie, besonders hinsichtlich ihrer Möglichkeit zur Hervorbringung von Vokallauten.⁶⁹⁸ Diese Leistung bezüglich der Klangfarbenerzeugung stellt einen Technologietransfer dar, der die beiden Fachgebiete der Anatomie und der Elektrotechnik verbindet, um musikalische Gestaltungsmöglichkeiten einer Instrumentenkonstruktion zu realisieren. Die Errungenschaft betont Oskar Sala über 20 Jahre später in einem Brief an Friedrich Trautwein von 1953 nochmals:

»Sie sind es doch, der die Herrmannsche Theorie in – ich bitte zu entschuldigen, wenn ich sage – wirklich genialer Intuition ins Elektrische übersetzt hat und die Vokalformanten sind zweifellos erregte einfache Eigenschwingungen. Lassen Sie sich doch nicht Ihre großartige Idee entge-

⁶⁹⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt II.5.1) *Telharmonium*, S. 180–185 in dieser Untersuchung.

⁶⁹⁷ Den umgekehrten Ansatz, allerdings ausschließlich bezogen auf die Zeit nach 1950 und die Möglichkeiten von computergestützter Software, verfolgt Martin Supper in seinem Beitrag: *Elektroakustische Klangerzeugung und ihre Instrumente*, S. 327–350.

⁶⁹⁸ Vgl. Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 12 f.

hen. [...] Ruhig auf die verblüffenden Ergebnisse hinweisen, daß Ihr erstmals konstruiertes Traut. zur Überraschung aller Hörer auch a, o, und u sagen konnte.«⁶⁹⁹

Zwar findet sich diese Tatsache auch in zahlreichen Aussagen Salas über die Anfänge des Trautoniums, wie auch über seine ersten Kontakte mit diesem Instrument, allerdings wird sie durch obige, relativ zeitnah erfolgte Dokumentation erstmals schriftlich fixiert und nochmals unterstrichen. Das fruchtbare Umfeld der Rundfunkversuchsstelle unterstützte Trautweins Forschungen zur qualitativ hochwertigen Nachbildung von Klangfarben, indem ihm Gerätschaften und verschiedene Hilfskräfte zur Verfügung standen.⁷⁰⁰ Mit deren Unterstützung konnte er möglicherweise auch Experimente über die Beschaffenheit herkömmlicher Instrumentenklänge durchführen, ohne dass über solcherlei Aktivitäten noch Protokolle oder Dokumente im Archiv der Universität der Künste erhalten sind. Seine gewonnenen Erkenntnisse fasste Trautwein in einer eigenen Theorie über die Beschaffenheit der Klangfarben zusammen, die er in seiner Publikation *Elektrische Musik* ausführte.

»Der physiologische Eindruck der musikalischen Klangfarbe wird in der Hauptsache durch einen oder mehrere Hallformanten hervorgerufen, welche dem Grundton beigemischt sind. Hallformanten sind gedämpfte Schwingungszüge von bestimmter Frequenz, die stets höher liegen als der Grundton und zu diesem in beliebigem Verhältnis stehen, also unharmonisch sein können. Der Hallformant klingt stets im Verlauf einer Grundperiode ab oder wird durch den Beginn der nächsten Periode ausgelöscht. Die Frequenz der Hallformanten ist in einem großen Bereich von Grundtönen stets die gleiche. Überschreitet die Höhe des Grundtones die eines Hallformanten, so fällt letzterer aus. Die Hallformanten werden zumeist durch eine oder mehrere Unstetigkeiten im Verlauf jeder Periode der Grundschiwingung angestoßen.«⁷⁰¹

Vom Stand der heutigen wissenschaftlichen Erkenntnis aus gesehen, trifft diese Theorie nicht vollständig zu, wird allerdings in einschlägigen Publikationen auch nicht rezipiert.⁷⁰² Nach Trautwein entstehen die Klangfarben durch jeweils charakteristische,

⁶⁹⁹ Brief Salas an Trautwein vom 6. Juni 1953. Deutsches Museum, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12379, fol. 1953/316b.

⁷⁰⁰ Vgl. Anlage zum Prüfungsbericht vom 21. Juni 1931 über die Ausgaben der Rundfunkversuchsstelle im Wirtschaftsjahr 1930 worin die Posten Techniker und Hilfskräfte unter der Rubrik »Persönliche Ausgaben« genannt werden. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 1 fol. 8.

⁷⁰¹ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 12.

⁷⁰² Vgl. die Angaben über Publikationen zu den Schlagworten *Akustik* und *Klangfarbe* in: Wolfgang Auhagen/Roland Eberlein u.a.: Art. *Akustik*, Sp. 366–421. Werner A. Deutsch u.a.: Art. *Klangfarbe*, in:

dem Grundton beigemischte und deutlich darüber liegende Frequenzen. Seine Benennung dieser Frequenzen als ›Hallformanten‹, anstatt als – wie es heute üblich ist – ›Formanten‹ ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass er dadurch eine Abgrenzung gegenüber der damals gängigen Bedeutung erreichen wollte. Nach heutigem Verständnis sind Formanten »...bestimmte Obertöne, die besonders stark ausgeprägt sind.«⁷⁰³ Präziser allerdings ist die Formulierung, Formanten seien »...in der absoluten Tonhöhe feststehende Frequenzbereiche, in denen Partialtöne durch instrumentenbaulich bedingte Resonanzen in einem meist breiten Frequenzbereich verstärkt werden.«⁷⁰⁴ Erst durch das Wissen um derartige, kompliziertere akustische Phänomene kann im vorliegenden Falle die Idee Trautweins zur Klangsynthese und damit die Konstruktionsweise des Trautoniums weiter verfolgt werden. Seine Aussage, dass über einen großen Bereich von Grundtönen die Frequenz der Hallformanten konstant bleibt, erscheint auch heute noch als zutreffend. Dass jedoch die Hallformanten mit der Periode der Grundschiwingung synchronisiert sind, indem jeder Beginn einer Grundperiode die abklingenden Hallformanten auslöscht und wieder neu anregt, trifft für unseren heutigen Begriff von Formanten nicht zu. Auch die Tatsache, dass nach Trautweins Theorie mehrere Hallformanten die Klangfarbenbildung bedingen können, widerspricht der heutigen Auffassung, wonach Formanten Frequenzbereiche darstellen, die je Instrument unterschiedlich sind. Trotz mehrerer Unstimmigkeiten aus heutiger Sicht darf man Trautweins Transferleistung, eine akustische Theorie mithilfe elektrotechnischer Bauelemente zu realisieren, nicht für gering erachten, scheint er doch, wie oben bereits erläutert, der erste – oder zumindest einer der Ersten – gewesen zu sein, der das Prinzip subtraktiver Klangsynthese durch Technologietransfer erdacht und vor allem zur Konstruktion eines Musikinstrumentes angewendet hat.⁷⁰⁵ Bezüglich seiner Hallformantentheorie gab er selbst zu, dass sie »...große Ähnlichkeit

Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 5, Kassel u.a. 1996, Sp. 138–170. Mit Ausnahme von Peter Donhauser erwähnen die meisten Autoren die Theorie der Hallformanten höchstens und gehen zumeist auf die konkrete Konstruktionsweise des Trautoniums ebenfalls nicht weiter ein. Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 70.

⁷⁰³ Berthold Kloss: *Akustik*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 16. Vgl. hierzu auch den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung.

⁷⁰⁴ Ralf Kubicek: *Funktionelle Harmonie. Ein musiktheoretisches Lehr- und Arbeitsbuch*, Leipzig 2009, S. 15.

⁷⁰⁵ Vgl. hierzu die Erläuterungen zu Trautweins ersten Patenten im Abschnitt III.2. *Die Anfänge Friedrich Trautweins*, S. 210–215 in dieser Untersuchung.

mit der von [Ludimar] Hermann aufgestellten Theorie über die Natur der Sprachklänge [habe].«⁷⁰⁶ Diese Aussage wird erhellt, wenn man die Hervorbringung und Umbildung der Grundschiwingung betrachtet. Sie wird hinsichtlich ihres Wellenbildes mithilfe der Formanten umgeformt.

»Nach Hermann werden z.B. die Vokale in Kehlkopf und Mundhöhle dadurch gebildet, daß sich die Stimmritze mit der Frequenz der Grundschiwingung explosionsartig öffnet und wieder schließt. Diese plötzlichen Luftstöße stoßen die Eigentöne der Mundhöhle zu gedämpften Schwingungen an, die unharmonisch zum Grundton sein können und durch ihre ganz bestimmte Frequenz die Vokalklänge charakterisieren.«⁷⁰⁷

Hier stellt sich die Bildung von Klangfarben, in Anlehnung an die verschiedenen Sprachvokale, als ein Zweischiritt dar. Zunächst muss eine Grundfrequenz hervorgebracht werden. Bei Hermann regt die Grundfrequenz der Stimmritze die individuell anatomisch ausgebildete Mundhöhle zum Mitschiwingen an, die klangliche Färbung der Vokallaute wird durch die Beimischung angeregter Schwingungen des Mund- und Rachenraumes verursacht. Diese Annahme entspricht grundsätzlich bereits dem heutigen Stand des Wissens über die Bildung von Vokallauten.⁷⁰⁸ Für die Klangfarbensynthese des Trautoniums besonders von Bedeutung ist die Annahme Hermanns über die explosionsartige Öffnung der Stimmritze. Dies gab Trautwein die charakteristische Ausprägung einer elektroakustisch zu erzeugenden Schwingung vor.

Er vereinte in seiner Hallformantentheorie Ludimar Hermanns Theorie über die Spracherzeugung mit der Theorie über die Beschaffenheit der Klangfarben, wie sie Hermann von Helmholtz begründet hatte.⁷⁰⁹ Zunächst beschreibt Trautwein »Versuche einer harmonischen Synthese«⁷¹⁰, wobei er mehrere Schaltungsmöglichkeiten zur elektrotechnischen Umsetzung, unter anderem auch sein erstes Patent von 1922 vorstellt. Deren klangliche Auswirkungen bezeichnete er zwar als »...musikalisch bereits recht interessant...«⁷¹¹, allerdings als nicht hinlänglich, was ihn vermuten lässt, »...daß

⁷⁰⁶ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 12.

⁷⁰⁷ Ebenda.

⁷⁰⁸ Wolfgang Auhagen/Roland Eberlein u.a.: Art. *Akustik*, Sp. 392.

⁷⁰⁹ Vgl. hierzu den Abschnitt II.4.1) *Akustik*, S. 149–157 in dieser Untersuchung.

⁷¹⁰ Überschrift zum ersten Abschnitt über die Ausführungen zur Klangsynthese in Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 8.

⁷¹¹ Ebenda, S. 11.

es auf die Einhaltung ganz spezieller Mischungsverhältnisse ankomme.«⁷¹² Auf diese Annahme beruht sein zweites Patent DRP 469775 von 1924, womit er akustische Erkenntnisse mithilfe seines technologischen Wissens in eine elektrotechnische Schaltung zu übertragen vermochte.

Die Idee, die zur Konstruktion des Trautoniums führte, stellte im Grunde genommen einen elektrotechnischen Emulator des menschlichen Sprachapparates dar. Die Vorstellung von Frequenzen, den Trautweinschen Hallformanten, die einem Grundton beigemischt werden, findet er in der Anlage der menschlichen Stimmerzeugung als günstig umzusetzendes Modell von gekoppelten Schwingkreisen vor. »Die Stimmbänder und die Resonanzräume der Mundhöhle sind zwar gekoppelte Kreise, die Eigenschwingung der Resonanzräume liegt aber wesentlich höher, als die stoßartige Erregerfolge durch die Stimmbänder.«⁷¹³ Die Klangfarbenerzeugung des Trautoniums kann somit, analog zu Hermanns Theorie, ebenfalls in zwei Schritten dargestellt werden, deren Funktionen getrennt voneinander betrachtet werden können, aber erst zusammen die charakteristische Wirkung hinsichtlich der Klangfarbensynthese entfalten.

Der erste Schritt ist die Erzeugung einer Ausgangsschwingung, deren Charakteristikum ein »explosionsartiges« Einsetzen ist, was von Trautwein als eine Welle in Form einer obertonreichen Schwingung, der sogenannten Sägezahnschwingung, umgesetzt wurde. Die elektrotechnische Umsetzung ist zunächst eine Schaltung, die als einfacher Schwebungssummer zu bezeichnen ist. Eine Glühlampe ist mit einem Kondensator parallel geschaltet. Wird Spannung angelegt, sammeln sich die Elektronen an dem Kondensator und der Kathode in der Glühlampe. Da Strom nicht einfach durch beide Bauelemente hindurchfließen kann, lädt die Kathode sich über einen gewissen Zeitabschnitt hin auf, was im Wellenbild der Sägezahnschwingung die Diagonale darstellt. Der Kondensator sowie die Stromstärke beeinflussen beide den Zeitabschnitt des Aufladens der Kathode. Erst wenn eine bestimmte, von der Beschaffenheit der jeweiligen Röhre abhängige Spannung erreicht ist, springt die Ladung in der Glühlampe in Form eines Lichtblitzes von der Kathode zur Anode über. Dieser Vorgang der Entladung stellt den vertikalen Abschnitt der Sägezahnschwingung dar.

⁷¹² Ebenda.

⁷¹³ Ebenda, S. 13.

Das Saitenmanual kontrolliert effektiv den Zeitabschnitt zur Aufladung der Elektronenröhre, somit also die Frequenz der Grundschiwingung. Als elektrotechnisches Bauelement einer Regelungsvorrichtung, die einem veränderbaren Widerstand entspricht, kann die Stromstärke, die auf die Kathode und den Kondensator wirkt, geändert werden. Indem bei schwacher Stromstärke in einem bestimmten Zeitabschnitt weniger Elektronen an die Kathode gelangen, verlängert sich somit auch die Dauer zur Erreichung der nötigen Zündspannung. Achtzehn Jahre später erläutert Oskar Sala die Erzeugung der sägezahnartigen Ausgangsschiwingung abermals, geht aber in seinen weiteren Ausführungen auf das Konzerttrautonium ein. »Der Kondensator K [entspricht in Trautweins Schaltungs bild Nr.3] lädt sich über den Widerstand R [entspricht Nr.2] auf. Sobald die Spannung an ihm gleich der Zündspannung E_Z der Glimmlampe GL [entspricht Nr. 1] wird, zündet diese und entlädt den Kondensator fast momentan bis zu einer Restspannung E_L , bei der die Glimmlampe verlöscht.«⁷¹⁴

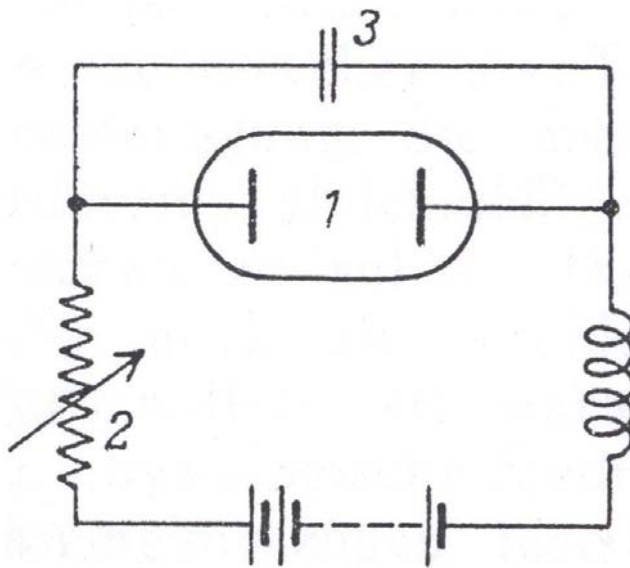


Abb. III-9: Schwebungssummer zur Erzeugung der Ausgangsschiwingung aus Friedrich Trautweins *Elektrische Musik*. Zur Verbesserung der Schwingungsqualität wurde die Glimmlampe später durch ein Thyatron ausgetauscht. Abbildungen aus Trautweins *Elektrische Musik*.

Der zweite Schritt ist die Beeinflussung der Grundschiwingung mithilfe weiterer, höherfrequenter Schwingungen, den Trautweinschen Hallformanten, die für jede Klangfarbe unterschiedlich ausgeprägt sein müssen. Dabei gilt es, sowohl ihre Frequenz kontrollierbar zu machen, als auch ihre Abklingdauer bzw. Dämpfung, was der An-

⁷¹⁴ Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 2/12 (1948), S. 316. Der zweite Teil des Artikels findet sich in der nachfolgenden Ausgabe der Zeitschrift. Vgl. ders. *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums Teil 2*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 1/3 (1949), S. 13–19. Bereits 1933 beschreibt Peter Lertes die Funktionsweise einer Glimmlampe als Erzeuger obertonreicher Schwingungen in ders.: *Elektrische Musik*, S. 85 f.

zahl und Form der nach einmaliger Erregung ausgelösten eigenständigen Schwingungen entspricht. Dieser Schritt wurde von Trautwein folgendermaßen realisiert. Wie die Grundfrequenz der Stimmritze nach Hermanns Theorie den Mund- und Rachenraum zum Mitschwingen anregt, regt die sägezahnförmige Grundschiwingung durch Induktion über einen Transformator den Schwingkreis S an. »Diese stoßartigen Stromimpulse [der Grundschiwingung] werden zweckmäßigerweise durch Vermittlung einer Verstärkerröhre 4 auf den Kreis S übertragen.«⁷¹⁵ Die somit hervorgebrachte höhere Frequenz entspricht dem Hallformant, der durch Rückkopplung über einen regelbaren Kondensator 5 auf das Gitter der Verstärkerröhre hinsichtlich seiner Dämpfung beeinflussbar gemacht wird, wobei die tatsächliche Dämpfung über den Dämpfungswiderstand 7 kontrolliert werden kann.⁷¹⁶

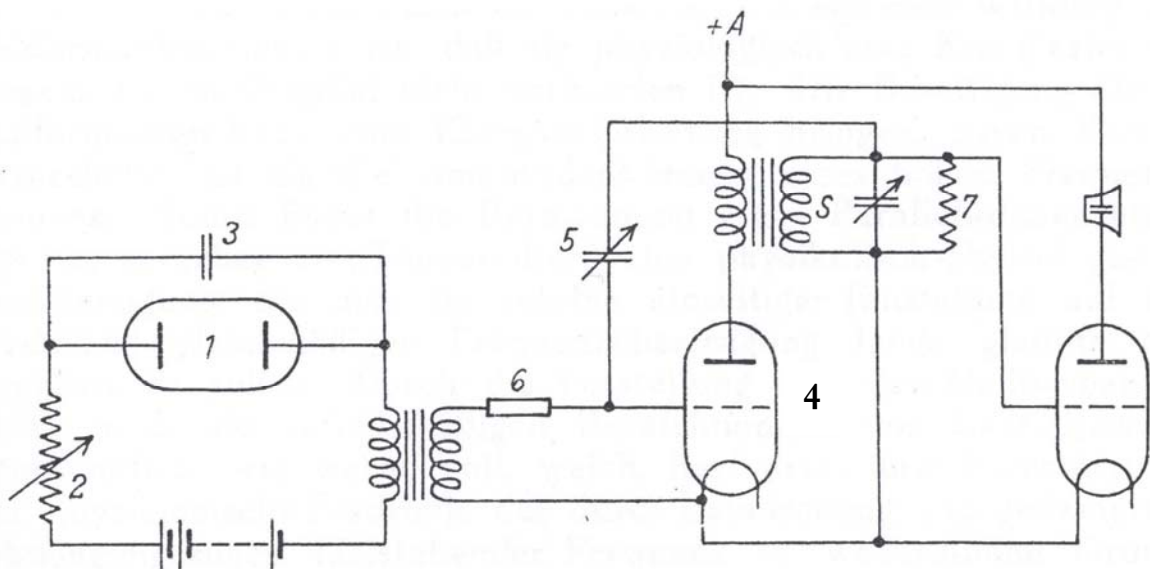


Abb. III-10: Schaltung zur Filterung der obertonreichen Ausgangsschiwingung, Abbildungen aus Friedrich Trautweins *Elektrische Musik*. Die Nummer 4 fehlt dort.

Bezüglich der Auswirkungen verschieden ausgeprägter Hallformanten erläutert Trautwein in seiner theoretischen Ausführung über die Funktionsweise der Klangsynthese:

»Je nach Wahl der Frequenz des ›Hallformanten‹ S empfindet das Ohr eine andere Klangfarbe. Ein tiefer Hallformant erzeugt eine dumpfe, fagottähnliche Klangfarbe ..., hohe Hallformanten entsprechen scharfen Tönen, etwa von Trompetencharakter. [...] Die [...] verschieden einstellbare Ab-

⁷¹⁵ Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 15. Die Ziffer 4 fehlt in Trautweins Abbildung und ist hier nachträglich in unterschiedlicher Schrifttype eingetragen.

⁷¹⁶ Ebenda, S. 15 und 17.

klindauer der Formantenschwingung äußert sich auf den Klangfarben-eindruck in der Weise, daß schwach gedämpfte Formanten [...] eine schrille Klangfarbe ergeben, während stärkere Dämpfung einen abgerundeten Eindruck hervorruft.«⁷¹⁷

Indem die Sägezahnschwingung einen obertonreichen Ausgangston liefert, kann diese nun durch die Rückführung der zusätzlich erregten Schwingungen von S in Form einer Überlagerung von Wellen gefiltert werden. Dies stellt das Prinzip der subtraktiven Klangsynthese dar, die für das Trautonium von Beginn an ein Spezifikum war und ungeahnt lange Anwendung in der Klangsynthese finden sollte. Wie eingangs bereits angedeutet gehen die meisten Publikationen, nicht nur bezüglich des Trautoniums, kaum näher auf die Realisierung unterschiedlicher Klangfarben ein. Zwar erscheint das nicht immer notwendig, indem jedoch dieser Aspekt für das Trautonium besonders von Bedeutung ist – immerhin wird für das Telefunken-Trautonium mit eben diesem Aspekt besonders geworben – sollte er doch in Betrachtungen einbezogen werden, besonders deshalb, weil aus erster Hand die Theorie wie auch deren elektrotechnische Umsetzung überliefert ist. Darüber hinaus verdeutlicht ein Vergleich der Skizzen aus Trautweins Patent von 1924 und seiner genannten Publikation die variierenden elektrotechnischen Schaltungen, was als Ergebnis der innovativen Forschungsarbeiten an der Rundfunkversuchsstelle gedeutet werden kann. Trotz dieser günstigen Voraussetzungen für die Forschung wird auf seinen Verdienst, für die subtraktive Klangsynthese zumindest den Grundstein gelegt zu haben, kaum eingegangen. So zeigt beispielsweise Florian Zwißler anhand eines der populärsten Synthesizer-Modelle, dem Minimoog, dessen Klangsyntheseverfahren als Beginn der subtraktiven Klangsynthese auf. »Der Minimoog legte mit seinem Layout eine Signalstruktur vor, der kommerzielle Synthesizer im Prinzip bis heute entsprechen und die zum Prototypen subtraktiver Synthese wurde.«⁷¹⁸ Die konzeptionelle Ähnlichkeit der Umsetzung subtraktiver Klangsynthese sowohl beim Trautonium, als auch beim Minimoog, soll hier als exemplarisches Beispiel dienen, wie durch Schwerpunktsetzung in kürzeren Publikationen Aspekte keine Beachtung finden. Vergleicht man die oben ausgeführte Darstellung der Klangsynthese des Trautoniums mit der Ausführung

⁷¹⁷ Ebenda, S. 17.

⁷¹⁸ Florian Zwißler: *Additiv oder subtraktiv? Synthesen: Verfahren und Konzepte*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 138 (2013), S. 42.

Zwißlers zum Minimoog, so fallen Parallelen unweigerlich auf. Die Klangsynthese des Minimoogs wird von Zwißler in drei Schritte unterteilt:

»Zuerst der Oszillator, ein Schwingkreis, der als Baugruppe eine direkte Verwandtschaft zu den elektronischen Instrumenten des frühen zwanzigsten Jahrhunderts hat. Hier kann neben der Bestimmung der Grundtonhöhe (beim Minimoog gar noch über einen Schalter mit Oktavbezeichnung in Fuß wie an einer Orgel realisiert) auch die Grundklangfarbe bestimmt werden, indem eine Ausgangswellenform gewählt wird – klassischerweise stehen Sägezahn (ein sehr obertonreicher Klang), Rechteckwelle (obertonreich, aber etwas hohler) oder Dreieckwelle (dumpf) beziehungsweise Mischformen aus diesen drei Wellenformen zur Auswahl.«⁷¹⁹

In der Tat entspricht der Schwingkreis der Einheit zur Hervorbringung einer Grundschwingung, nicht nur im Minimoog oder Trautonium. Für das Trautonium ist wichtig, dass es – im Gegensatz zum Minimoog – lediglich eine sägezahnförmige Ausgangsschwingung hervorbringen kann. »Auf diese erste signalgenerierende Sektion folgt nun der Filter. Hier kann in die Obertonstruktur des Ausgangsklangs eingegriffen werden.«⁷²⁰ Eben dieser Schritt trifft auch auf die Funktionsweise des Trautoniums zu, indem in einem zweiten Schwingkreis Frequenzen erzeugt werden, die die Ausgangsschwingung beeinflussen und damit klanglich färben. Allerdings handelt es sich im Minimoog um Filter, die einen gesamten Frequenzbereich herausfiltern und nur einen bestimmten Bereich passieren lassen, während es sich beim Trautonium bzw. bei dem Patent Trautweins DRP 469775 von 1924 lediglich um einige, durch die Grundschwingung angeregte Frequenzen handelt, die ihr wieder beigemischt werden.⁷²¹ Als dritten Schritt nennt Zwißler schließlich die Verstärkung des geformten Signals, womit effektiv dessen Lautstärke beeinflusst wird. Dieser Schritt kann als spezifisch für jegliche elektroakustische Musikinstrumente mit Ausnahme der Dauer-tonklaviere angesehen werden. Lediglich das Telharmonium erzeugte mithilfe von 185 PS starken Generatoren bereits eine Stromstärke, die nicht mehr verstärkt werden musste und in den Telefonhörern, nach Überwindung großer Distanzen, in hörbare

⁷¹⁹ Ebenda, S. 42.

⁷²⁰ Ebenda.

⁷²¹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 44.

Schwingungen umgesetzt werden konnte.⁷²² Einige elektromagnetisch beeinflusste, herkömmliche Schwingungen, müssten, sofern ein Resonanzkörper vorhanden ist – der die Verstärkung durch Lautsprecher auf mechanischem Wege umsetzt – nicht zwingend verstärkt werden.

So findet in der Veröffentlichung bei Florian Zwißler das Patent Trautweins, dessen zukunftsweisende Klangsyntheseverfahren sowie dessen Realisierung im Trautonium keine Einordnung.⁷²³ Das subtraktive Klangsyntheseverfahren wird erst mit der Entwicklung des sogenannten Minimoog in Verbindung gebracht:

»Der Minimoog legte mit seinem Layout eine Signalstruktur vor, der kommerzielle Synthesizer im Prinzip bis heute entsprechen und die zum Prototypen subtraktiver Synthese wurde. Nach dem subtraktiven Prinzip wird der resultierende Klang aus einem obertonreichen Ausgangsmaterial geformt, indem ihm – in unterschiedlichem Maß und dynamisch gesteuert – Anteile entzogen (subtrahiert) werden.«⁷²⁴

Obgleich er im ersten Teil zumindest einen Überblick der historischen Entwicklungen gab, in dem auch das Trautonium Erwähnung findet, liegt hier ein Beispiel vor, wie eine Forschungsarbeit hinsichtlich der Frühgeschichte elektroakustischer Musik Desiderate aufweist. Im vorliegenden Falle mag es möglicherweise mit der Fokussierung des Artikels auf die Klangsynthese nach 1945 liegen, was allerdings wiederum charakteristisch für zahlreiche Arbeiten ist, in denen die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts lediglich als Zeit des Experimentierens und Herantastens, weniger als Zeit erster tatsächlicher und nachhaltiger Erfolge dargestellt wird. Diese Feststellung wird umso deutlicher unterstrichen, wenn man Zwißlers weiterer Darstellung des Minimoogs, bzw. dessen Funktionsweise verfolgt. Sicherlich mögen technologische Neuentwicklungen den Minimoog von den ersten, etwa 30 Jahre früher entstandenen, Trautoniummodellen unterscheiden. Allerdings kann aus der Darstellung des Klangsyntheseverfahrens, wie es Zwißler für den Minimoog und wie es Trautwein für sein Trauto-

⁷²² Vgl. Cordula Böse: *Telharmonium II. Das untemperierte Riesenradio*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 125.

⁷²³ Bei der Publikation Zwißlers handelt es sich um einen dreiteiligen Beitrag. Vgl. die weiteren Teile: Ders.: *Synthetisieren – Speichern – Steuern. Geräte und Geschichte der Klangsynthese*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 137 (2013), S. 69–77. Ders.: *Elektronisch aus Klangwissen erzeugte Musik. Klangsynthese – Ein Begriff mit Unschärfen*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 139 (2013), S. 19–24.

⁷²⁴ Florian Zwißler: *Additiv oder subtraktiv? Synthesen: Verfahren und Konzepte*, S. 42.

nium unternimmt kein prinzipieller Unterschied erkennbar. Insofern darf es tatsächlich als ein besonders zukunftsweisender Verdienst Trautweins angesehen werden, als erster nicht nur ein Patent für seine Vorstellung über eine Klangsynthese erteilt bekommen zu haben, sondern diese auch noch in einem Instrument realisiert zu haben.

4. Zwischenbilanz

An dieser Stelle sei bereits eine Zwischenbilanz eingefügt. Bisher wurde das Trautonium in seinen Erscheinungsformen beschrieben, bevor es von der Firma Telefunken als ein in Serie gefertigtes Instrument in das Produktionsprogramm aufgenommen wurde – ein Schritt, der außer vom Trautonium lediglich durch das Theremin und das Ondes Martenot erreicht werden konnte. Dies bedeutet aus der Perspektive einer Evolution elektroakustischer Instrumentenkonstruktion einen ersten Akzent des Entwicklungsstandes, der im serienproduzierten Telefunken-Modell festgehalten wurde. Dass es zu einer industriellen Verwertung kam, ist nach den obigen Ausführungen in mehrfacher Hinsicht kaum verwunderlich.

Wie die zitierten Äußerungen Georg Schünemanns erkennen lassen, spielte der Aspekt instrumentaler Neukonstruktionen mit elektrotechnischen Mitteln zum Zwecke der Forschung, von Beginn an eine Rolle in der Konzeption der Rundfunkversuchsstelle. Nachdem mit Jörg Mager kein Arbeitsverhältnis zustande kam erscheint besonders aus heutiger Sicht Friedrich Trautwein insofern als prädestinierte Persönlichkeit, da er bereits, durch heute noch nachvollziehbare Patentanmeldungen, nicht nur elektrotechnische, sondern auch akustische Kenntnisse und Arbeitsergebnisse bezüglich des wahrzunehmenden Aufgabengebietes an der Hochschule für Musik vorweisen konnte. Möglicherweise erhoffte man sich nicht nur verringerte Experimentalphasen und Arbeitszeiten, bis ein Ergebnis, eine Instrumentenkonstruktion, fertiggestellt werden konnte. In der wirtschaftlich schwierigen Zeit mag zudem sicherlich der Faktor gering zu haltender, ökonomischer Mehrbelastungen eine ausschlaggebende Rolle gespielt haben.

Die Rundfunkversuchsstelle bot für das Vorhaben einer Instrumentenkonstruktion nicht allein durch ihre Aufgaben- und Zielsetzung besonders günstige Voraussetzungen. Sie fungierte in damals einzigartiger Form sowohl als ein Knotenpunkt für das Zusammentreffen unterschiedlichster Fachrichtungen und höchst qualifizierter Mitarbeiter, wie auch als institutioneller Wegbereiter für mögliche Experimente. Nicht zuletzt bot sie indirekt, durch ihre Ansiedlung an der Musikhochschule, zudem die Gelegenheit für die erste öffentliche Präsentation auf einer Bühne. Diese Aspekte wirkten sich jeweils positiv auf die Konzeption und konkrete Gestaltung des Trauto-

niums aus. In innovativer Entwicklung durch Erweiterung und Variation, wie nicht nur an den Ton- und Klangerzeugungsprozessen Trautweins, sondern auch an der Gestaltung des Manuals, basierend auf der bereits existierender Form von Lertes und Helberger aufgezeigt wurde, nahm es nach und nach Eigenschaften an, die schließlich in die Serienproduktion münden konnten. Indem Paul Hindemith die öffentliche Präsentation mit effektvollen Kompositionen und seiner Teilnahme an deren Uraufführungen unterstützte, bekundete ein bedeutender Künstler seine persönliche Verbundenheit mit dieser neuen Konstruktion. Dass darüber hinaus Oskar Sala mit dem Instrument in Verbindung kam, ist als ein besonderes Beispiel für die pädagogische Arbeit Hindemiths aber auch der Rundfunkversuchsstelle zu deuten.

Die musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten des Instruments umfassten bereits in seinen ersten beiden RVS-Modellen, wovon das zweite das Modell der Präsentation am 20. Juni 1930 war, sowohl eine stufenlose Tonhöhengestaltung, als auch eine Klangfarbengestaltung in damals unerreichter Vielfalt. Die Anlehnung der Manualgestaltung an die bereits vorhandene Konstruktion von Peter Lertes und Bruno Helberger weist zudem auch auf die Notwendigkeit ökonomischen Vorgehens bei der Instrumentenkonstruktion hin. Zugleich konnte mit dem Manual eine Vielzahl musikalischer Gestaltungsmöglichkeiten vereint werden, die das Trautonium, im Gegensatz zu den übrigen elektroakustischen Instrumenten zu einem versatilen Instrument werden ließen, was Paul Hindemith in seinen *Sieben Stücken für drei Trautonien* bewusst umzusetzen verstand. Die Möglichkeit der Klangfarbenveränderung zeichnet das Trautonium bzw. seinen Erfinder gleich zweifach aus. Es ist nicht nur das erste Instrument, das verschiedene Klangfarben in hoher Qualität synthetisieren kann. Das von Trautwein dafür erdachte Verfahren eröffnete als subtraktive Klangsintese eine nachhaltig andauernde Konstante der Klangfarbengestaltung, die von zahlreichen Musikern unterschiedlichster Sparten genutzt wurde und immer noch genutzt wird. Die relativ einfache Ein- bzw. Umstellung von und zwischen Klangfarben scheint ebenfalls vor der Serienproduktion realisiert worden zu sein.

5. Das Telefunken-Trautonium

Zu Beginn dieses Abschnittes muss eine begriffliche Erläuterung stehen, die ihre Begründung darin findet, dass zwei Bezeichnungen, Telefunken-Trautonium und Volkstrautonium, für das in Serie gefertigte Modell verbreitet sind. Dabei nimmt die für diese Arbeit gewählte Bezeichnung Bezug auf den Produzenten, die Firma Telefunken. Im Gegensatz dazu nimmt die zweite Bezeichnung Bezug auf die politische Umwälzung, infolge derer zahlreiche Produkte das Epitheton ›Volks-‹ erhielten. Für das Trautonium, dessen Serienfertigung wahrscheinlich »...in das Jahr 1932 zurückreicht, scheint eine ideologisch motivierte Nomenklatur (wie beim ›Volksempfänger‹) ursprünglich nicht intendiert gewesen zu sein.«⁷²⁵ Es handelt sich also bei den Bezeichnungen Volkstrautonium und Telefunken-Trautonium um dasselbe Modell. In dieser Untersuchung wurde die Bezeichnung Telefunken-Trautonium gewählt, da hier das Instrument hinsichtlich seiner Konstruktion und weiteren Entwicklung im Fokus des Interesses steht. Es sind demnach die durch Ideen, Einzelpersonen sowie unterstützende Institutionen erfolgten Erweiterungen bzw. Änderungen am Instrument selbst, die im Folgenden nachvollzogen werden und weniger die Rezeption in der gesellschaftlichen bzw. politischen Öffentlichkeit von Bedeutung, auch wenn darauf zuweilen Bezug genommen werden wird.⁷²⁶



Abb. III-11: Ansicht eines geöffneten Telefunken-Trautoniums mit ausgeklappten Notenständer. Deutlich sind die Drehregler zur Einstellung der Stimmung auf der linken Seite zu erkennen. Auf der rechten Seite sind die Kippschalter für die unterschiedlichen Klangfarbeneffekte zu sehen.

Dieses Modell ist heute im Musikinstrumenten-Museum Berlin zu sehen. Kat.-Nr. 5721.

⁷²⁵ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 132.

⁷²⁶ Über die Rezeption und das Wirken des Trautoniums zur Zeit des politischen Umbruchs gibt Peter Donhauser Einblicke. Vgl. ders.: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 127–143.

Der Weg von den Modellen der ersten Präsentation des Trautoniums zu dem Serienmodell des Telefunken-Trautoniums war, wie bereits angedeutet werden konnte, kein kurzer oder unproblematischer. Es wäre zu kurz gegriffen, würde man annehmen, dass das Trautonium in der Erscheinung, die es bei seiner ersten öffentlichen Präsentation hatte, nur ein bisschen verändert und sogleich von der Firma Telefunken in den Produktionskatalog aufgenommen worden ist. Vielmehr waren noch unterschiedliche Probleme zu lösen, bevor die Serienfertigung anlaufen konnte. Zunächst dokumentiert ein Prüfungsbericht über die Arbeiten der Rundfunkversuchsstelle die permanente finanzielle Gefährdung, nicht nur des Trautoniums, sondern der gesamten Versuchsstelle.

»Bei Tit. 1 Nr. 5b fällt auf, daß allein an Kosten der Montagearbeiten für Dr. Trautwein 2217,09 RM entstanden sind. Entsprechend groß ist auch der Aufwand an Materialien. Dabei sind bereits in der Abrechnung ›Neue Musik‹ 3517,19 RM Materialkosten für das ›Trautonium‹ in Ansatz gebracht worden. Es fragt sich daher, ob dadurch nicht die sonstigen Aufgaben der Rundfunkversuchsstelle zu sehr verkürzt werden.«⁷²⁷

Diese kurze Auflistung verdeutlicht einerseits, unter welchen strikten finanziellen Bedingungen an der Entwicklung des Trautoniums gearbeitet werden musste. Andererseits wird hierbei die gewährte Förderung der Arbeiten Trautweins, die »...beträchtliche Summen aus dem Budget der Rundfunkversuchsstelle [verschlang]...«⁷²⁸ und damit der besondere Stand des Trautoniums als Projekt innerhalb der Versuchsstelle unterstrichen. Es wurde stets eng mit der Industrie zusammengearbeitet, was als eine der Grundideen bezüglich der Rundfunkversuchsstelle bereits erläutert wurde und die sich beispielsweise in der Zusammensetzung des Personals ihres Kuratoriums widerspiegelte.⁷²⁹ Somit war es nur folgerichtig, dass die Industrie, im Falle des Trautoniums die Firma Telefunken, die Ergebnisse der Arbeiten verwerten sollte, so dass es schließlich zu einer Zusammenarbeit mit Trautwein kam. »Als Folge dessen begann Trautwein speziell mit Telefunken zu verhandeln, um das Trau-

⁷²⁷ Prüfungsbericht an das Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung vom 21. Juni 1931. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 2, fol 10 recto.

⁷²⁸ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 74.

⁷²⁹ Vgl. den Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 in dieser Untersuchung.

tonium als zukünftiges Hausinstrument produzieren zu lassen.«⁷³⁰ Dabei ging es unter anderem darum, die Trautweinschen Patentanmeldungen bezüglich des Trautoniums, die Donhauser mit der enormen Anzahl von 88 beziffert, zu berücksichtigen.⁷³¹ Durch eigene Patentanmeldungen wollte man sich gegenüber Trautwein absichern, so beispielsweise durch die Patentierung eines Verfahrens zur Klangfarbeneinstellung, des Druckwiderstandes im Manual, ebenso wie die Verwendung eines Thyratrons anstelle der Glühlampe zur verbesserten Erzeugung der Ausgangsschwingung und damit einer besseren Intonation und Tonhöhengebung.⁷³² Den offiziellen Beginn konkreter Verhandlungen, die unter Anwesenheit Schünemanns in der Hochschule stattfanden und durch Trautweins Patentanwalt den Firmen Siemens&Halske AG und AEG schriftlich übermittelt wurden, belegt ein erhaltenes Schreiben.⁷³³ Ein Vertragsschluss wurde bereits im Mai 1931 erreicht.⁷³⁴ Darüber hinaus galt es, noch im Vorfeld einer industriellen Serienproduktion das Problem der Bezeichnung ›Trautonium‹ als Warenzeichen zu lösen, was erst nach langer Auseinandersetzung mit einer Pianofortefabrik, die von der Trautweinschen Musikalienhandlung von 1870–1900 und 1903–1936 unterhalten wurde.⁷³⁵ Für das Jahr 1931 ist zudem ein Briefwechsel erhalten, aus dem Trautweins Beschäftigung mit verschiedenen Röhren hervorgeht. Bezüglich der angesprochenen Verbesserung der Tonqualität kann zwar nicht mit absoluter Sicherheit auf konkrete Versuche zur Behebung geschlossen werden. Es darf an dieser Stelle bereits angenommen werden, dass dies ein wesentlicher Aspekt der Arbeiten Trautweins darstellte, wie nachfolgend näher ausgeführt werden wird.⁷³⁶ Des Weiteren ist ein Brief Trautweins erhalten, indem er an Telefunken mit der Bitte herantritt, vier Übungsinstrumente an die Rundfunkversuchsstelle auszuliefern. »Es sind bereits wöchentlich 4 Doppelstunden für Übungs- und Unterrichtszwecke auf dem Trautonium festgesetzt [...]. [...] Insbesondere erscheint es höchste Zeit zu sein,

⁷³⁰ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 75.

⁷³¹ Vgl. ebenda.

⁷³² Vgl. ebenda, S. 131. Vgl. darüber hinaus die Auflistung von Patenten, in denen Telefunken als Anmelder genannt wird. Ebenda, S. 272 ff.

⁷³³ Vgl. Durchschlag des Briefes von Patentanwalt Dr. Fromm an die Firmen Siemens&Halske AG und AEG vom 20. September 1930. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 13, fol. 236.

⁷³⁴ Vgl. ebenda, S. 101. Das Datum des Vertrages wird in Fußnote 173 genannt.

⁷³⁵ Vgl. ebenda, S. 134. Zur Trautweinschen Musikalienhandlung vgl. Herbert Heyde: *Musikinstrumentenbau in Preußen*, S. 289.

⁷³⁶ Vgl. Briefwechsel zwischen Friedrich Trautwein und Telefunken. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 12, fol. 111 und fol. 108.

dass ausser Herrn Sala auch noch andere Musiker sich mit dem Instrument rechtzeitig vertraut machen, um ihm zu einer grösseren Verbreitung zu verhelfen.«⁷³⁷ In diesem Schreiben ist implizit belegt, dass eine industrielle Produktion bereits angelaufen ist. Die Erklärung, Grundlagen zur Ausbildung weiterer Instrumentalisten zu schaffen, ist besonders nachvollziehbar, da bisher Oskar Sala mit Unterstützung durch Rudolf Schmidt wohl sämtliche spielpraktischen Vorführungen des Trautoniums ausgeführt hatte. Dem Instrument wäre durch zusätzlichen Nachwuchs nicht nur eine Ausweitung der Vorführmöglichkeiten beschert gewesen. Die tatsächliche Einrichtung einer Trautonium-Klasse wäre darüber hinaus für das Instrument, die Rundfunkversuchsstelle und auch für die gesamte Hochschule eine Besonderheit gewesen, die zu damaliger Zeit keinen Vergleich gefunden hätte. Bedenkt man die damals virulente Diskussion über rundfunkspezifische Musik, auf die bereits eingegangen wurde, erscheint das Bestreben nicht abwegig, ein für den Rundfunk – wenn auch nicht ausschließlich – entwickeltes Instrument in der pädagogischen Ausbildung einer Hochschule zu verankern.⁷³⁸ Ob es dazu auch tatsächlich gekommen ist, konnte im Zuge der Nachforschungen nicht geklärt werden. Trotz der bereits angelaufenen industriellen Produktion von Trautonium ist kein Beleg für eine Auslieferung oder auch nur ein Antwortschreiben auf Trautweins Anfrage erhalten. Die Bestrebungen um Verbesserung der Tongebung des Trautoniums hingegen sind noch weiterhin belegt.

Als einen – erstaunlich späten – Beleg für den immer noch gegebenen Mangel einer sauberen Tongebung, ist ein Schreiben Schünemanns von 1933 sowie ein technischer Bericht Trautweins erhalten, die über dieses Detail Auskunft geben.⁷³⁹ Der Zeitpunkt erstaunt deshalb besonders, da bereits zu der *Zweiten Tagung für Rundfunkmusik* 1931 in München die nächste, größer dimensionierte Komposition für Trautonium aufgeführt wurde. Paul Hindemith komponierte für diesen Anlass sein *Konzertstück für Trautonium und Streichorchester*, dessen Uraufführung, mit Oskar Sala am Trau-

⁷³⁷ Brief Friedrich Trautweins an die Firma Telefunken vom 21. November 1932. UdK-Archiv, Bestand 1b, Nr. 10, fol. 168.

⁷³⁸ Vgl. zu Rundfunkmusik den Abschnitt III.3.1) *Die Anfänge in der Rundfunkversuchsstelle*, S. 217–230 in dieser Untersuchung.

⁷³⁹ Unter Berufung auf Trautweins Bericht schreibt hierüber auch Donhauser. Vgl. ders.: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 76.

tonium, er selbst dirigierte.⁷⁴⁰ Über dieses Ereignis wird in dem 52. Jahresbericht der Hochschule berichtet:

»Herr Dr. Trautwein gab eine grundlegende Einführung über sein elektrisches Musikinstrument. Im Anschluß daran wurde der erste Versuch eines Konzertes mit elektrischer Musik unternommen, bei dem Herr Prof. Hindemith, Herr Rudolph Schmidt und Herr Oskar Sala mitwirkten. Gespielt wurde eine Sonate von Corelli auf zwei Trautoniums und Klavier, eine Solosonate für Trautonium und ein neues Konzert von Paul Hindemith, das für Trautonium und Streichorchester komponiert wurde.«⁷⁴¹

Anlässlich dieser Tagung geriet das Trautonium auch in den Fokus der Aufmerksamkeit Oskar von Millers, der sich daraufhin bemühte, eines der Erstexemplare des Trautoniums für das Deutsche Museum zu erhalten, das am 6. Mai 1932 überreicht wurde. Zwei Jahre später erfolgte die Stiftung eines Telefunken-Trautoniums.⁷⁴² Einer größeren Öffentlichkeit wurde das Trautonium 1931 auf der Berliner Funkausstellung vorgestellt, wobei in einem erhaltenen Bericht der Wochenschau eine Vorführung mit verschiedenen Klangfarbeneffekten zu sehen ist.⁷⁴³ Im selben Jahr erfolgte eine Wiederholung des *Konzertstückes* Hindemiths im Zuge eines Konzertes der *Berliner Funkstunde* in der Berliner Singakademie, wieder mit Oskar Sala als Solist. In der Kritik wird dabei besonders die unsaubere Tongebung des Instrumentes als problematisch beschrieben.⁷⁴⁴

Eben dieses Problem liegt dem oben genannten Schreiben Schünemanns von 1933 immer noch zu Grunde. Trotz solcher grundlegenden Mängel konnte sich das Trautonium dennoch, über seine ersten öffentlichen Präsentationen hin, das Interesse der Industrie und seiner Befürworter bewahren. Das Schreiben gibt zusätzlich Auskunft über die zunehmend beklemmende finanzielle Situation der Rundfunkversuchsstelle kurz vor der Machtergreifung der Nationalsozialisten, die auch Schünemanns Entfer-

⁷⁴⁰ Vgl. zur Benennung des Werkes Hindemiths bei Giselher Schubert: Art. *Hindemith, Paul*, Sp. 31. Über die Münchner Tagung für Rundfunk und die dortige Rezeption des Trautoniums berichtet Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 79 ff.

⁷⁴¹ Georg Schünemann (Hrsg.): *52. Jahresbericht (1.10.30 – 30.9.31) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D11, S. 57.

⁷⁴² Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 119 f. Für den mündlichen Hinweis sei an dieser Stelle besonders Frau Dr. des Silke Berdux gedankt.

⁷⁴³ Vgl. ebenda, S. 100 f. Über die Präsenz und Rezeption elektroakustischer Musikinstrumente bei den Funkausstellungen stehen Untersuchungen noch aus. Es findet sich auch keine Erwähnung derartiger Instrumente in der Untersuchung Eva Susanne Breßlers. Vgl. dies.: *Von der Experimentierbühne zum Propagandainstrument. Die Geschichte der Funkausstellung von 1924 bis 1939*, S. 69 ff.

⁷⁴⁴ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 101 f.

nung von dem Posten des Direktors der Hochschule zur Folge haben sollte. Somit scheint dieses Dokument das letzte Zeugnis seiner Unterstützung des Trautoniums zu sein, bevor er am 27. April 1933 aus seinem Amt enthoben wurde.⁷⁴⁵ Als dritten Aspekt belegt das, an Direktor Mayer von Telefunken gerichtete Schreiben die enge und gute Zusammenarbeit mit Telefunken bezüglich des Trautoniums:

»Es hat sich wieder gezeigt, dass von allen Instrumenten das Trautonium das vielseitigste und interessanteste Instrument in musikalischer Hinsicht darstellt. [...] Allerdings scheint es noch an einigen Kleinigkeiten zu liegen, dass die Instrumente noch nicht den höchsten Grad künstlerischer Sicherheit erlangt haben. Wie mir von fachlicher Seite mitgeteilt wird, soll dies daher kommen, dass die Stabilisierungsmassnahmen der Spannung technisch noch nicht genügend vollkommen sind. Der Spieler hat infolgedessen ständig mit Schwankungen in der Stimmung zu tun, wodurch das Zusammenspiel ausserordentlich schwer fällt. Ich würde nun von uns aus diese Schwierigkeiten, die, wie mir Herr Dr. Trautwein versichert, nur geringfügiger Natur sind, abstellen, wenn mir nicht in der Rundfunkversuchsstelle alle finanziellen Mittel und auch alle technischen Hilfskräfte fehlen würden, um eine solche Verbesserung herbeizuführen. Es wäre deshalb sehr zu begrüßen, wenn Sie, sehr verehrter Herr Direktor, der Herstellung eines Konzertinstrumentes weitere Aufmerksamkeit schenken und in Ihren Werkstätten die noch nötige Arbeit übernehmen könnten.«⁷⁴⁶

Die angesprochenen Schwankungen in der Tongebung können noch heute durch die Bereitstellung der bereits erwähnten Nachaufnahme der *Sieben Stücke für drei Trautonien* von Paul Hindemith nachvollzogen werden, die auf der Internetseite des Deutschen Rundfunkarchivs zu finden ist.⁷⁴⁷ Die Reaktion Herrn Direktor Mayers ist durchweg positiv und geprägt von seinem Interesse an einer qualitativ hochwertigen Realisierung des Instrumentes sowie seinem Wissen um das Projekt und dessen Mitwirkenden:

»Daß sich wie bei allen neuentwickelten Instrumenten mit immer weitergehender praktischer Anwendung des Instrumentes Wünsche insbesonde-

⁷⁴⁵ Vgl. Vermerk über die Beurlaubung Schünemanns in: (ohne Hrsg.), *54. Jahresbericht (1.10.32 – 30.9.33) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D 13, S. 8.

⁷⁴⁶ Brief Schünemanns an Direktor Mayer von Telefunken vom 27. Januar 1933. UdK-Archiv, Bestand 1 b, Nr. 3, fol. 155.

⁷⁴⁷ Vgl. Internetseite des Deutschen Rundfunkarchivs: *Das besondere Dokument – 2010/2. Oskar Sala zum 100. Geburtstag*. <http://www.dra.de/online/dokument/2010/dok2010-2.html>. Darüber hinaus ist das erste der Triostücke dieser Aufnahme auch unter dem Titel *Hindemith – Sala – Schmidt ›Des kleinen Elektromusikers Lieblinge‹ 1930* zu hören. Vgl.: <http://www.youtube.com/watch?v=UmMYspeEI-g>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

re in musikalischer Hinsicht herausstellen, die noch der Erfüllung harren, ist mir klar und wir sind eifrig bemüht, sowohl in unserem, als auch im allgemeinen musikalischen Interesse, das Instrument so zu verbessern, daß es den praktischen Anforderungen entspricht. Die erforderliche Tonhöhenkonstant des Trautoniums, insbesondere im Zusammenspiel mit mehreren Instrumenten, kann praktisch nur von Musikern festgestellt werden und ich würde es außerordentlich begrüßen, wenn Sie Gelegenheit nehmen würden, mit uns zusammen in der Rundfunkversuchsstelle der Musikhochschule diesbezüglich Versuche zu machen. Zu diesen Versuchen wird es sich empfehlen, geeignete Spieler, vor allem Herrn Sala und Herrn Schmidt, mit heranzuziehen.«⁷⁴⁸

Die Lösung für dieses Problem hatte eine für Telefunken und dem Bestreben der Firma, marktgerechte Instrumente zu produzieren, leider eine negative Auswirkung, wie bereits Peter Donhauser anhand des diesbezüglichen Berichts von Trautwein an Telefunken festhält. »Letztlich konnte Telefunken das Problem nur dadurch lösen, dass anstelle eines Netztransformators eine (teure) Anodenbatterie eingesetzt wurde (sie kostete immerhin 15,75 RM, also etwa 60 Euro).«⁷⁴⁹ Der eingangs erwähnte Austausch der Glühlampe durch das Thyatron erfolgte ebenfalls aufgrund dieser Tatsache, da durch das Steuergitter, das zwischen Kathode und Anode angebracht ist, die Zündspannung präziser steuerbar ist.⁷⁵⁰

Diese Varianten der Ton- und Klangfarbenhervorbringung durch elektrotechnische Schaltungen stellt Lertes in seinen kurzen Erläuterungen über das Trautonium vor. »Das Trautonium wurde durch die Verwendung des Thyatrons als Schwingungserzeuger ganz wesentlich vereinfacht und verbessert.«⁷⁵¹ Ebenso können verschiedene Varianten der Ausstattung zumindest zweier Telefunken-Trautonium nachgewiesen werden. Die Modelle Nr. 267, Inv.-Nr. 1995-547,1 und Nr. 289, Inv.-Nr. 1995-547,2 im Besitz des Deutschen Museums München weisen unterschiedliche Röhrenkonfigurationen auf, wobei diejenige in Nr. 267 der Darstellung aus der *Trautonium Schule* entspricht. Anstelle des Gurtes und der Einbaumöglichkeit der Anodenbatterie, findet sich im Modell Nr. 289 ein eingefügtes Modul mit mehreren Röhren.⁷⁵²

⁷⁴⁸ Brief Direktor Mayers an Schünemann vom 8. Februar 1933. UdK-Archiv, Bestand 1 b, Nr. 3, fol. 148.

⁷⁴⁹ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 76.

⁷⁵⁰ Vgl. Peter Lertes: *Elektrische Musik*, S. 87.

⁷⁵¹ Ebenda, S. 183.

⁷⁵² Für den mündlichen Hinweis über die Modelle Nr. 267 und 289 sowie die Möglichkeit, das Telefunken-Trautonium der Ausstellung des Deutschen Museums München näher untersuchen zu dürfen,

Die Änderungen der Röhren lassen sich – wenn auch nur exemplarisch und nicht im Detail – anhand des Vergleiches der Publikation Joachim Winckelmanns über das RVS-Trautonium und der *Trautonium Schule* nachvollziehen. Aufgrund der Konzeption von Winckelmanns Beschreibungen als eine Bauanleitung zum selbst basteln, der ein vollständiger Schaltplan des damals noch in der Entwicklung befindlichen Trautoniums beigelegt ist, sind darin mehrere Alternativen für die verschiedenen Röhren genannt. Für die erste Röhre, die bei der Erzeugung der Grundschiwingung neben der Glimmlampe verwendet werden soll, empfiehlt er die Verwendung von – nicht näher erläuterten – Schirmgitterröhren aber auch Widerstandsverstärkerröhren der Typen RE 034 oder RE 054. Als zweite und dritte Röhre, die in dem Schaltplan Winckelmanns für die Beimischung der Formanten zur Grundschiwingung verwendet werden, empfiehlt er ebenfalls Widerstandsrohren, ohne nähere Ausführungen über die Typen zu geben. Die vierte Röhre, die zur Signalverstärkung dient, wird mit den Typen RE 114 und RE 134 angegeben.⁷⁵³ Im Gegensatz dazu werden für das Telefunken-Trautonium in der *Trautonium Schule* in den technischen Anweisungen lediglich zwei Röhren bezeichnet, eine Schwingröhre vom Typ RK 1 und eine Verstärkerröhre REN 904.⁷⁵⁴ Diese scheinen die einzigen auswechselbaren Röhren des Serienmodelles zu sein, wobei für die Schwingröhre das Auswechseln empfohlen wird, wenn »...die Tonqualität stark nachläßt, insbesondere wenn der Ton in den Höhen und Tiefen rauh und unstabil wird, oder die Mensur nicht mehr normal einstellbar ist...«.⁷⁵⁵ Die Preise beider Röhren werden zusammen mit der Anodenbatterie in einem von Telefunken herausgebrachten Prospekt mit 28 RM (Schwingröhre), 7,50 RM (REN 904) und 15,75 RM (Batterie) angegeben.⁷⁵⁶ Es ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die Schwingröhre der ersten Röhre nach Winckelmanns Bezeichnung entspricht, also an der Erzeugung der Grundschiwingung Anteil hat. Die Erläuterung bezüglich ihres Einflusses auf die Tonqualität spricht dafür. Die zweite auswechselbare Röhre im Telefunken-Trautonium entspricht der vierten Röhre in Winckelmanns Ausführungen

sei an dieser Stell für die freundlichen Unterstützung durch Frau Dr. des Silke Berdux ausdrücklich gedankt.

⁷⁵³ Joachim Winckelmann: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument*, S. 11.

⁷⁵⁴ Vgl. Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, Vorwort.

⁷⁵⁵ Ebenda, S. 8.

⁷⁵⁶ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 133.

und übernimmt ebenfalls die Funktion der Verstärkung, also der Lautstärkebeeinflussung. Es ist naheliegend, dass im Serienmodell nicht alle Röhren als austauschbar eingebaut wurden, da dies eine handwerkliche Fertigkeit und elektrotechnisches Wissen erfordert hätte, wie es von den Käufern einer breiten Schicht der Bevölkerung nicht erwartet werden konnte. Der Anspruch, sich an eine solche Schicht zu wenden, geht aus der erstmaligen Ankündigung des Trautoniums in dem erwähnten Telefunken-Prospekt hervor. Darin wird es als ideales Instrument für Hausmusik präsentiert, da es fähig sei, Klangfarben bekannter Instrumente nachahmen zu können.⁷⁵⁷ Im Vorwort der von ihm herausgegebenen *Trautonium Schule* preist Trautwein sein Instrument an als »...ein einstimmiges Orchesterinstrument, dessen Spiel genauso erlernt werden muß, wie das der Geige, der Flöte, des Cellos usw.«⁷⁵⁸

Im Gegensatz zum RVS-Trautonium ist das Manual des Telefunken-Trautoniums mit Hilfstasten zum Auffinden von Tonhöhen im Gehäuse integriert, dessen Abmessungen im erwähnten Telefunken-Prospekt mit den Maßen (in mm) 235 (Höhe), 730 (Breite) und 260 (Tiefe), das Gewicht mit 11,5 kg angegeben wird.⁷⁵⁹ Über dem Manual sind die Dreh- und Kippschalter zur Justierung des Manuals sowie den Einstellungen für die Klangfarben angebracht. Die Justierung wird in drei Schritten beschrieben.⁷⁶⁰ Die Angleichung der Mensurweite beider Oktaven unter und über der mittleren Hilfstaste des Manuals, kann mit dem Stimmwirbel A erfolgen. Damit wird Einfluss auf den Grad der Änderung des Widerstandes der Metallschiene unter der Saite des Manuals genommen. Nach Winckelmanns Darstellung geschieht dies durch einen Heizwiderstand, was möglicherweise für das Telefunken-Trautonium beibehalten wurde.⁷⁶¹ Die Angleichung der Mensurweite des Trautoniums an die Tastenbreite des Klaviers erfolgt durch Stimmwirbel B. Die Einstellung der gewünschten Frequenz des Stimmtones, der anhand der mittleren Hilfstaste, durch Drehen des Stimmwirbel C bestimmt wird. Dieser steuert die Gitterspannung der Schwingröhre RK 1.

⁷⁵⁷ Vgl. ebenda, S. 132.

⁷⁵⁸ Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, Vorwort.

⁷⁵⁹ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 133.

⁷⁶⁰ Die Ausführung zur Justierung des Manuals sind in der Abfolge beibehalten und zusammengefasst aus: Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, S. 10.

⁷⁶¹ Vgl. ebenda, S. 7 sowie S. 9.

Die Klangfarbenkontrolle erfolgt über zwei Drehschalter und insgesamt fünf, in zwei Gruppen unterteilte, Kippschalter. »Sie kann vor dem Spiel eingestellt sowie während des Spiels verändert werden.«⁷⁶² Im Widerspruch zur Darstellung des Telefunken-Trautoniums als Orchesterinstrument im Vorwort, sind die Ausführungen über die Klangfarbeneinstellung derart kurz gehalten, dass kein Rückschluss auf die elektrotechnische Funktion der Schalter folgen kann. Die Beschreibung beschränkt sich lediglich auf die Differenzierung zwischen gleitender Veränderung der durch den Formant-Schalter F und stufenweiser, registerartiger Veränderung durch die drei Formant-Kippschalter der Gruppe R. Der Drehschalter KL mischt den Einfluss der beiden Formanten auf die Grundschwingung.⁷⁶³



Abb. III-12: Telefunken-Trautonium (Musikinstrumenten Museum Berlin, Kat.-Nr.: 5721; entspricht Abb. III-11). Links sind die Stimmwirbel zum justieren der Mensurweiten und des Stimmtons zu sehen. In der Mitte folgt der bogenförmig verschiebbare Hebel zum Nachstimmen während des Spiels. Es folgt der Formantdrehschalter, die Register sowie der Drehschalter für die Klangfarbenblende.

Soweit es aus heutiger Sicht nachvollziehbar ist, wurden bezüglich des Telefunken-Trautoniums besonders die Bedienungselemente in Form von Drehschaltern reduziert, wie sie bei den RVS-Modellen auf entsprechenden Abbildungen noch zu sehen sind. Im Zuge der Gestaltung des Instrumentes für einen möglichst breiten Absatzmarkt, musste Rücksicht genommen werden auf erforderliche akustische aber auch elektrotechnische Vorkenntnisse der Abnehmer. Die Folge war nicht nur eine Reduktion der Bedienungselemente, sondern auch die Integration des Manuals in das Gerät, das ein verschließbares Gehäuse hatte, in dessen Deckel im geöffneten Zustand – wie bei dem eines Pianinos – ein kleiner Notenständer integriert war. Das Manual war bei diesem Modell federnd gelagert und erlaubte bereits dynamische Anschlagsgestaltung.

⁷⁶² Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, S. 15.

⁷⁶³ Vgl. ebenda.

Über die Entstehung einer solchen Komponente für das Manual sind, außer der zitierten Äußerung Trautweins in seinem Beitrag *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik* im 51. Jahrbuch der Hochschule keine Belege mehr auffindbar.⁷⁶⁴ Lediglich die *Trautonium Schule* gibt Auskunft über eine solche Vorrichtung, die kombiniert ist mit einem druckempfindlichen Kontakt, der einem sauberen Toneinsatz dient. »Die Federung [des Manuals] muß so eingestellt werden, daß der Toneinsatz auch bei starkem oder plötzlichem Druck sauber bleibt. Die Hubhöhe des Manuals soll gerade so hoch sein, daß der Toneinsatz mit geringster Lautstärke beginnt.«⁷⁶⁵ Das Pedal diene bei diesem Modell nur noch zur generellen dynamischen Gestaltung, so wie es bereits Winckelmann in seiner Anleitung über das Trautonium beschreibt und im Gegensatz zu Trautweins Nennung, als Klangfarben kontrollierendes Bedienelement.⁷⁶⁶

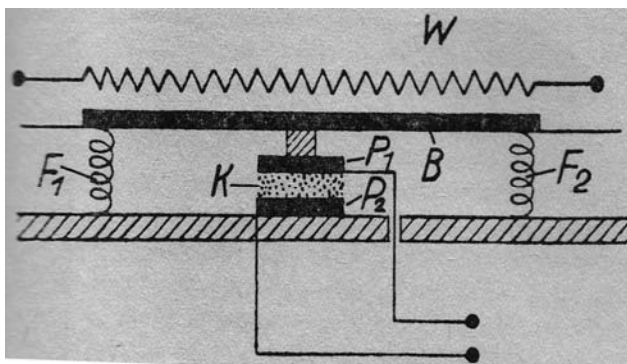


Abb. III-13: Schaltungsskizze der Vorrichtung zum dynamisch gestaltbaren Spiel. W = Manualsaiten; P = elektrische Pole; K = Kohlekörnerplättchen; F = Federn. Die Stärke des Niederdrückens der Saite auf die Metallschiene komprimiert die Kohlekörner und erhöht so ihre elektrische Leitfähigkeit, wodurch eine größere Lautstärke erzeugt wird. Abbildungen aus Peter Lertes *Elektrische Musik*.

Das funktionale Konzept des Trautoniums, gängige Instrumente zu ersetzen, wobei vom Interpreten nur eine Spielweise erlernt werden müsste, legt die Vermutung nahe, dass für das Trautonium, zumindest den breiten Markt betreffend, eine ähnliche Funktion wie die des Harmoniums im ausgehenden 19. Jahrhundert, angedacht war. Die Analogie hinsichtlich möglicher Klangfarbengestaltung sowie der Vorstellung des Trautoniums als neues Hausmusikinstrument, unterstreichen diese Annahme. Allerdings waren damit die Möglichkeiten des Telefunken-Trautoniums noch nicht ausgeschöpft, wenn man die mögliche Verwendung im Rundfunk bedenkt. Die Bestrebung,

⁷⁶⁴ Vgl. Friedrich Trautwein: *Bedeutung und Wesen der elektrischen Musik*, UdK-Archiv, Bestand 1b, D10, S. 31. Vgl. hierzu auch den Abschnitt III.3.2) *Konzept und Gestaltung des Trautoniums*, S. 234–251 in dieser Untersuchung.

⁷⁶⁵ Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, S. 8.

⁷⁶⁶ Vgl. Friedrich Trautwein (Hrsg.): *Trautonium Schule*, S. 12. Joachim Winckelmann: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument*, S. 12 f. Friedrich Trautwein: *Elektrische Musik*, S. 25.

eine Trautoniumklasse an der Hochschule für Musik einrichten zu wollen, spricht ebenfalls dafür, die verschiedenen Facetten des Instrumentes zukünftig besser nutzen zu können.

Diese Annahmen schienen »...dem Gerät eine glänzende Zukunft zu versprechen.«⁷⁶⁷ Zur öffentlichen Vorstellung des Telefunken-Modells auf der Funkausstellung in Berlin 1933 wurde das Trautonium als ein Instrument des elektrischen Orchesters in Halle 8 ausgestellt und vorgeführt.⁷⁶⁸ Der insgesamt jedoch sehr hohe Anschaffungspreis von 380 RM, zu dem nochmals 51,25 RM für den Röhrensatz und die Anodenbatterie hinzu kamen, war sicherlich ein Grund, dass der gewünschte Absatz der insgesamt etwa 200 gefertigten Instrumente, trotz Unterstützung durch positive Berichterstattung durch die Presse, beinahe vollständig ausblieb.⁷⁶⁹

⁷⁶⁷ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 135.

⁷⁶⁸ Ebenda, S. 134.

⁷⁶⁹ Vgl. zu den Preisen ebenda, S. 133. Zur Rezeption und zu den Absatzproblemen bzw. finanziellen Aufwendungen der Firma Telefunken vgl. ebenda, S. 135 f.

6. Salas Arbeiten am Trautonium

Die politischen Umwälzungen blieben nicht ohne Auswirkung auf die weitere Entwicklungsgeschichte des Trautoniums. Zunächst schienen sie dem neuen Instrument ein rasches Ende nach dessen angelaufener Serienfertigung zu bescheren. Später jedoch sollte es durch die Reichsrundfunkgesellschaft wieder zu einem erneuten Anstoß der Entwicklung kommen, der letztendlich dem Trautoniums die äußerlichen Charakteristika verleihen wird, die noch in seiner heutigen Wahrnehmung besonders hervorstechend sind. Damit seien zunächst keine elektrotechnischen Konstruktionseigenschaften bezeichnet. Vielmehr kam es durch den erfolgten Auftrag endgültig zu der wohl singulären Verbindung Oskar Salas mit seinem Instrument als Instrumentenbauer, Interpret, Komponist, aber auch Impresario seiner künstlerischen Arbeiten. Über dieses Auftragsmodell, das großen Anteil an der Erlangung öffentlicher Aufmerksamkeit für das Trautonium verzeichnen konnte, ist die Quellenlage hinsichtlich innovativer Arbeiten und spezifischen Neuerungen der Konstruktion besonders problematisch, da die Hochschule nicht mehr Träger des Projektes war und die Rundfunkversuchsstelle ihre Arbeit vor Auftragserteilung bereits beenden musste. »Unmittelbar nach der nationalsozialistischen Machtergreifung wurde sie durch eine Intervention des neu geschaffenen *Ministeriums für Volksaufklärung und Propaganda* suspendiert und bis 1935 abgewickelt.«⁷⁷⁰ Im Zuge der Reorganisation der Hochschule ging aus dem Umwandlungsprozess die ›Fachgruppe Musik und Technik‹ hervor, wobei Friedrich Trautwein nun zum Professor für Akustik berufen wurde.⁷⁷¹ Oskar Sala wird bis zum 53. Jahresbericht der Hochschule für Musik als Student genannt, womit er bis zum Ende des Wintersemesters 1931/1932 bzw. des Sommersemesters 1932 als Student immatrikuliert war.⁷⁷² Damit versank dem Projekt ›Trautonium‹ das institutionelle Fundament in den Wogen politischer Umwälzungen. Mit der erzwun-

⁷⁷⁰ Dietmar Schenk: *Die Hochschule für Musik zu Berlin*, S. 271.

⁷⁷¹ Vgl. (ohne Hrsg.), *56. Jahresbericht (1.10.34 – 30.9.35) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D 15, S. 16. Darüber hinaus vgl. Friederike Wissmann: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, Sp. 1013.

⁷⁷² Vgl. letzte Nennung Salas als Student unter der Nummer 443. Georg Schünemann (Hrsg.): *53. Jahresbericht (1.10.31 – 30.9.32) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D 12, S. 57. In den nachfolgenden Jahrbüchern findet sich keine weitere Nennung Salas als Student.

genen Emigration von Paul Hindemith wurde die Bindung zu einem der prominentesten Fürsprecher gelöst.

1) Rundfunk-Trautonium

Nachdem das Interesse am Telefunken-Trautonium durch eine breite Käuferschicht ausblieb, nahm aufgrund der politischen Umwälzungen zunächst auch allgemein die Präsenz elektroakustischer Musikinstrumente bei öffentlichen Ausstellungen, wie beispielsweise der Funkausstellung seit 1934 ab. Erst einige Jahre später sollte das Trautonium wieder »...anlässlich der Funkausstellung 1937 im Begleitprogramm des Rundfunks zu hören [sein]. Die ›Elektrischen Instrumente‹ waren also nicht mehr Thema für den privaten Einsatz, [...] sondern nur mehr für spezielle, von der offiziellen Musikpolitik gutgeheißenen Anlässe.«⁷⁷³ In dieser problematischen Situation wagte Friedrich Trautwein einen folgenreichen Schritt.⁷⁷⁴ In der Zeitschrift für Musik findet sich im Juli-Heft von 1935 der kurze Bericht über »...eine Vorführung des von Professor Trautwein konstruierten Elektromusikinstrumentes ›Trautonium‹ [...]«⁷⁷⁵ Dieser Bericht ist, neben der Überlieferung dieses Ereignisses durch Bruno Helberger, der als Datum April 1935 angibt, der einzige schriftliche Beleg für das ansonsten nur durch Aussagen Salas überlieferte Zusammentreffen mit dem Reichspropagandaminister Joseph Goebbels. Ein daraus resultierender Auftrag zum Bau eines neuen Instrumentes ist anhand von Dokumenten heute nicht mehr nachvollziehbar. Auch kann über das genaue Beschäftigungsverhältnis Oskar Salas zu dieser Zeit nur wenig eruiert werden, so einerseits, dass er ab 1931 in der Universität Berlin immatrikuliert war.⁷⁷⁶ Andererseits wirkte er als Solist am Trautonium in von der Hochschule veranstalteten ›Elektromusikalischen Konzerten‹ am 25. Juni 1934, wobei das Trautonium ausschließlich als Instrumentensurrogat und zusammen mit dem Elektrochord Oskar

⁷⁷³ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 139.

⁷⁷⁴ Vgl. hierzu ebenda.

⁷⁷⁵ Anonym: *Verschiedenes*, in: *Zeitschrift für Musik* 102/7 (1935), S. 830.

⁷⁷⁶ Vgl. hierzu den Abschnitt III.3. Exkurs III: *Oskar Salas Anfänge an der Hochschule für Musik*, S. 230–234 in dieser Untersuchung.

Vierlings wirkte.⁷⁷⁷ Zwei Jahre später ist abermals ein Auftritt Salas nachweisbar, diesmal präsentierte er unter dem Titel ›Musik auf dem Trautonium‹ neben Arrangements auch Originalkompositionen für Trautonium von Harald Genzmer.⁷⁷⁸ Über Tätigkeiten als Mitarbeiter Friedrich Trautweins – ohne jedoch das Beschäftigungsverhältnis näher zu bezeichnen – gibt ein Lebenslauf aus Salas Nachlass Auskunft, worin es heißt: »1930 – 37 Schüler, später Mitarbeiter Trautweins a. d. Hochschule f. Musik.«⁷⁷⁹ Eine Zusammenarbeit mit Trautwein ist nachweisbar, während derer Sala das nötige Wissen und die handwerklichen Kompetenzen erwarb, die ihn zu seinen weiteren, eigenständigen Konstruktionsarbeiten befähigen sollten.⁷⁸⁰ In einem Brief von Trautwein an Salas Mutter wird dieser Umstand angesprochen, ebenso wie ein Zerwürfnis beider, woraus die eigenständige Arbeit Salas am Trautonium resultieren sollte.⁷⁸¹ Diese Annahme wird erhärtet durch die Erteilung zweier Patente, wobei Sala als Erfinder, die Firma Telefunken als Anmelder genannt werden. Es handelt sich einerseits um das Patent DE 722836 mit der Bezeichnung »Elektrisches Musikinstrument mit mehreren Stromresonanz-Formantkreisen«, erteilt am 9. August 1933. Andererseits um das Patent DE 628687 mit der Bezeichnung »Als druckabhängiger Widerstand ausgebildete Lautstärkeregelanordnung für elektrische Musikinstrumente«, das unter zusätzlicher Nennung Walter Germanns als Miterfinder am 23. Juni 1934 angemeldet wurde.⁷⁸² Durch einen Zeitungsartikel ist allerdings erst für 1937 ein Auftrag der Reichsrundfunkgesellschaft über die Neukonstruktion eines Instrumentes an ihn selbst belegbar.⁷⁸³

⁷⁷⁷ Vgl. (ohne Hrsg.), *55. Jahresbericht (1.10.33 – 30.9.34) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D 14, S. 48 f.

⁷⁷⁸ Vgl. (ohne Hrsg.), *57. Jahresbericht (1.10.35 – 30.9.36) der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg*, UdK-Archiv, Bestand 1, D 16, S. 43.

⁷⁷⁹ Lebenslauf Oskar Salas. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12392, fol. 1956/205.

⁷⁸⁰ Über Trautweins Verbindung zu Telefunken vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 142 f. Da sich Trautwein bereits nicht mehr mit dem Trautonium beschäftigte, soll an dieser Stelle nicht mehr weiter auf seine Verbindung mit der Firma Telefunken oder mit der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg eingegangen werden.

⁷⁸¹ Vgl. Brief Friedrich Trautweins an Annemarie Sala vom 2. Juli 1937. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12366, fol. 1937/002a-d.

⁷⁸² Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Musik*, S. 279 f. Darüber hinaus vgl. den Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/oskar-sala/patente/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁷⁸³ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Musik*, S. 141. Zudem auch die Patentliste ebenda, S. 279 f.

Für das neue Modell des Trautoniums, das aufgrund des Auftraggebers als Rundfunk-Trautonium bezeichnet wird, ist ein letztes Werk Paul Hindemiths für das Trautonium überliefert. In dessen Werkverzeichnis ist dafür jedoch das Jahr 1935 angegeben, womit er also für ein Modell komponierte, das möglicherweise noch in den Räumen der Hochschule konstruiert wurde. Seine Anmerkungen geben wertvolle Auskunft über Details dieses Instrumentes:

»Anfang August. Langsames Stück und Rondo für Trautonium. Für Sala geschrieben. Interessante Aufgabe, da das Trautonium neuerdings vierstimmig behandelt werden kann, jedoch nur so, dass je zwei Stimmen gekoppelt werden mit den Tönen 2, 3, 4, und 5 der Untertonreihe (Oktav, Duodezime, zweite Oktav und Terz unter dieser), wodurch zwar starke Beschränkungen fürs Setzen, aber durch das Durcheinanderlaufen beider Kopplungsreihen (die unabhängig und verschieden voneinander laufen können) seltsame Möglichkeiten sich ergeben.«⁷⁸⁴

Bereits 1935 ist damit ein neues Modell des Trautoniums belegt, das allerdings noch nicht die äußere Form desjenigen Instrumentes gehabt haben muss, das in Abbildungen – sämtliche nach 1937 datiert – zu sehen ist.⁷⁸⁵ In Peter Frieß' Bildband über Oskar Sala findet sich stattdessen die Abbildung eines erweiterten Telefunken-Trautoniums mit zwei zusätzlichen Manualen, zweitem Pedal und zwei zusätzlichen Gehäusemodulen, die an beiden Seiten eines Telefunken-Trautoniums angebracht waren.



Abb. III-14: Erweitertes Telefunken-Trautonium. Das ›Kernstück‹ dieses Instrumentes stellt ein gut erkennbares Telefunken-Trautonium dar. An dessen linker Seite ist ein weiteres Modul angebracht. Es dient zur Kontrolle des zusätzlich vor dem Telefunken-Trautonium angebrachten Manuals. Dies ist nur ein Beispiel von Salas erweiternder Arbeit. Aufgrund fehlender Dokumente oder Abbildungen kann der Umfang an Experimentalmodellen nicht mehr festgestellt werden. In Peter Frieß herausgegebenen Buch Oskar Sala. Ein Pionier der Elektronischen Musik findet sich eine Abbildung eines Telefunken-Trautoniums mit Modulen zu beiden Seiten. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 13.

⁷⁸⁴ Zitiert nach Klaus Ebbeke: *Paul Hindemith und das Trautonium*, S. 96.

⁷⁸⁵ Vgl. die Internetseiten des Deutschen Rundfunkarchivs: <http://www.dra.de/online/dokument/2010/dok2010-2.html>; sowie des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/trautonium/rundfunktrautonium/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

Über eben dieses Modell berichtete Sala im Interview, dass es dasjenige Instrument sei, das aus dem ersten Auftrag nach der Vorsprache bei Goebbels resultierte.⁷⁸⁶ Im Anschluss daran stieg das Interesse an dem erweiterten Modell, Trautweins Bestrebungen, »...das Trautonium im Gespräch zu halten, zeigten 1936 tatsächlich Früchte.«⁷⁸⁷ Neben vermehrten Auftritten im Rundfunk, folgte der Höhepunkt mit der Uraufführung des Konzertes für Trautonium und Orchester von Harald Genzmer bei der 67. Tonkünstlerversammlung des allgemeinen Deutschen Musikvereins, die vom 12. bis 18. Juni in Weimar stattfand.⁷⁸⁸ Darüber hinaus wurde das Trautonium, wobei es sich dabei allerdings auch beispielsweise um ein Telefunken-Modell gehandelt haben könnte, bei den Vorbereitungen der Beschallungsanlagen für die Olympischen Spiele und für die Uraufführung des Konzertes für Trautonium und Blasorchester, ebenfalls komponiert von Genzmer, eingesetzt.⁷⁸⁹



Abb. III-15: Das sogenannte Rundfunk-Trautonium. Deutlich zu erkennen sind die beiden Manuale und Pedale. Gut erkennbar sind auch die erweiterten Kontrollmöglichkeiten durch Drehregler und Kippschalter, die symmetrisch in der Frontblende angebracht sind. Unter der linken Seite des Manuals hängt ein Kopfhörer. Im Hintergrund ist links ein Lautsprecher zu sehen, während auf der rechten Seite noch ein Telefunken-Trautonium zu erkennen ist.

Fotografie aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums
SIM PK. HA SIM 001.

⁷⁸⁶ Vgl. Peter Frieß (Hrsg.): *Oskar Sala. Pionier der elektronischen Musik*, unpaginiert.

⁷⁸⁷ Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 151.

⁷⁸⁸ Ebenda.

⁷⁸⁹ Vgl. ebenda, S.155 f.

Das Jahr 1937, als Zeitpunkt der Auftragserteilung seitens der Reichsrundfunkgesellschaft, deckt sich mit Salas Datierung dieses Ereignisses in einen Brief an Paul Hindemith. Darin gibt er an, dass »...die eigentliche Entwicklung des Trautoniums erst im Jahr 1937 begann. Ich erhielt damals vom Berliner Rundfunk einen grosszügigen Konstruktionsauftrag.«⁷⁹⁰ Darüber hinaus stimmt diese Aussage mit seinen Angaben in einem, zwanzig Jahre später erstellten, Lebenslauf überein.⁷⁹¹ Somit ist ein mehrfach untermauerter Hinweis auf eine Differenzierung des, im Allgemeinen als Rundfunk-Trautoniums bezeichneten Modelles gegeben. Es existierte eine modular zusammengefügte Vorgängerversion, basierend auf dem Telefunken-Trautonium. Erst nach der Erteilung des Auftrages von 1937 wurde von Oskar Sala eine größere Konstruktion realisiert, in der die einzelnen Erweiterungen zusammengefasst wurden. Diese Version ist das eigentliche Rundfunk-Trautonium. Auch die bisher einzige bekannte, leider recht knapp gehaltene Quelle über die Konstruktionsspezifika des Rundfunk-Trautoniums stammt aus seiner Hand und wurde 1938 in der Zeitschrift *Neues Musikblatt* veröffentlicht.⁷⁹²



Abb. III-16: Oskar Sala am Rundfunk-Trautonium. Im Hintergrund links, stehend ist Harald Genzmer zu erkennen, neben ihm möglicherweise Rudolf Schmidt. Der Oboist und Cellist konnten nicht ermittelt werden. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re8 JE 17.

Hinsichtlich der grundsätzlichen klanglichen Möglichkeiten gab es eine, besonders unter technischen Gesichtspunkten, herausragende Neuerung, die beiden Versionen gemeinsam war. Diesbezüglich äußert sich bereits Hindemith in seiner Anmerkung

⁷⁹⁰ Vgl. Brief Oskar Salas an Paul Hindemith vom 25. Januar 1947. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 3543, unfoliiert.

⁷⁹¹ Vgl. Lebenslauf Oskar Salas. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12392, fol. 1956/205.

⁷⁹² Vgl. Oskar Sala: *Ein neues elektrisches Soloinstrument*, in: *Neues Musikblatt*, Mai/Juni (1938), S. 5–6.

zum *Langsamen Stück und Rondo für Trautonium*. Es handelt sich um die Möglichkeit, zu den Manualen je eine weitere Stimme hinzu zu schalten, allerdings nur in bestimmten Schwingungsverhältnissen. »Zu jedem gespielten Ton läßt sich ein weiterer dazugeben, der in einem Intervall der Untertonreihe steht. Beispiel: Gespielt c^3 . Mitklingen kann c^2 , f^1 , c^1 , as , f , hoch d , c , B , As etc.«⁷⁹³ Der mit dieser Möglichkeit zur Bildung mehrstimmigen Spiels verbundene Begriff der ›Subharmonischen‹ wird an dieser Stelle erstmals überliefert. Es eröffnet sich mit dieser Eigenschaft und durch die Realisierungen Oskar Salas der Weg des Trautoniums aus der Einstimmigkeit heraus in eine, von der Konstruktion des Rundfunk-Trautoniums an, stets elektrotechnisch variierte und erweiterte Mehrstimmigkeit.

Interessanterweise spielt das zweite Manual, wie Sala ausführt, weniger die Rolle, das Spiel einer zweiten Stimme zu ermöglichen.

»Die Zweistimmigkeit des neuen Instrumentes dient nicht nur dazu, Doppelgriffe und zweistimmige Sätzchen zu spielen, sondern vor allem dazu, eine Melodiestimme durch Spiel auf 2 Manualen vollkommen zu gestalten. Für das neue elektrische Soloinstrument ist das doppelsaitige Spiel geradezu zur Grundlage der Manualtechnik geworden. Eine höhere Anzahl von Saiten bzw. Stimmen käme bei diesem Instrument jedoch nur noch einer erhöhten Mehrstimmigkeit zugute, deren Auswertung durch die wachsenden spieltechnischen Schwierigkeiten zu enge Grenzen gesetzt sind, als daß sich der notwendige Aufwand an Registern zur Zeit rechtfertigen ließe.«⁷⁹⁴

Aus diesen Sätzen spricht deutlich Salas umfangreiche Spielerfahrung auf dem Manual des Trautoniums. Besonders die Bemerkung bezüglich der Möglichkeit, weitere Manuale hinzuzufügen, zeigt Salas spielpraktische Herangehensweise an das erste Modell des Trautoniums, das er selbst entwickeln durfte. In der Tat könnte er sogar über die Versuche zur Erreichung einer Mehrstimmigkeit im Bilde gewesen sein, die Jörg Mager mit seinem Partiturophon bzw. Kaleidophon bereits einige Jahre früher unternommen hatte. Dabei sollten verschiedene Stimmen auf mehrere Manuale verteilt werden, die allerdings durch ihre sehr dichte Positionierung dennoch nur mit einer Hand spielbar gewesen wären.⁷⁹⁵

⁷⁹³ Ebenda, S. 5.

⁷⁹⁴ Ebenda.

⁷⁹⁵ Vgl. zu Magers Konstruktionen den Abschnitt II.5.4) *Sphärophon*, S. 195–199 in dieser Untersuchung.



Abb. III-17a und b: Das obige System zeigt die Untertonreihe und die ›Subharmonischen‹ Töne an. Sie stellt die Spiegelung zur Obertonreihe dar, wobei der erste Ton der tatsächlich gespielte ist. System b stellt in der oberen Zeile die tatsächlich gespielten Noten dar, in der unteren Zeile die jeweiligen Subharmonischen. Dabei entspricht die Tenorstimme den zweiten Subharmonischen ($1/3$) des Soprans, die Bassstimme den vierten ($1/5$) des Alt. Abbildung aus Salas *Das Mixtur-Trautonium*, in Winckels ›Klangstruktur der Musik‹. Abb. 17b aus Salas *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums* (1949).

Die Einschränkung hinsichtlich der Virtuosität, die eine solche Spielpraxis nach sich gezogen hätte, liegt dabei auf der Hand. Oskar Sala gab im Gegensatz dazu einer relativ eingeschränkten Mehrstimmigkeit den Vorzug und eröffnete sich in Verbindung damit wiederum eine größere Virtuosität auf dem Instrument. Die Einschränkung hinsichtlich der Mehrstimmigkeit relativierte er einerseits durch das Aufzeigen möglicher Vierklangbildung zweier hinzugefügter Unterquinten durch die zweiten Subharmonischen, während auf den Manualen eine große Dezime gespielt wird. Andererseits vergleicht er im Folgenden diese Möglichkeit der Akkordbildung mit derjenigen auf der Violine, wobei er zu dem Schluss gelangt, dass mithilfe seines Rundfunk-Trautoniums »...die mit der Violine erreichbaren Grenzen der Mehrstimmigkeit künstlerisch sinnvoll noch erheblich weiter hinausgeschoben werden können.«⁷⁹⁶ Sicherlich unternimmt Sala hier den Versuch, Kritiken nach den noch nicht erreichten Möglichkeiten vielstimmigen Spiels, wie man sie von den herkömmlichen Tasteninstrumenten wie dem Klavier kennt, entgegen zu wirken. Die Besonderheit des er-

⁷⁹⁶ Oskar Sala: *Ein neues elektrisches Soloinstrument*, S. 5.

reichten Standes unterstreicht er, indem er die umgekehrte Richtung einschlägt, nämlich, gleichsam einer Evolution von der Einstimmigkeit hin zu einer Mehrstimmigkeit. Führt man sich die Möglichkeiten des Telefunken-Trautoniums vor Augen, so erscheint diese Perspektive durchaus gerechtfertigt, da das Instrument bisher überwiegend Partien herkömmlicher Blas- und Streichinstrumente übernommen hatte. Aber nicht allein hinsichtlich mehrstimmigen Spiels konnte Sala das Telefunken-Modell zum Rundfunk-Trautonium erweitern. Auch was die Möglichkeiten der Klangfarbenbeeinflussung betrifft, konnte er neue Wege einschlagen. »Die besondere Eigenart des elektrischen Soloinstruments ist die Möglichkeit der Klangfarbenänderung.«⁷⁹⁷ Neben der Steuerung konnte er auch »...die Anzahl der ›starren‹ oder einfachen Klangfarben auf ein Vielfaches...«⁷⁹⁸ erhöhen. Diese neuen Aspekte konnte er durch eine Erweiterung der Funktionen erreichen, die den beiden Pedalen zugeteilt wurden. Während im Telefunken-Modell die Pedale nur für die Lautstärkeregelung verwendet werden konnten, reicherte Sala deren Funktionsspektrum wieder an. Nachdem Trautwein in seiner Publikation *Elektrische Musik* bereits erwähnt hatte, die Klangfarbensteuerung könnte durch das Pedal erfolgen, schien Sala diesen Aspekt wiederum den Pedalen seines Modelles zugewiesen zu haben. Zunächst konnten die vermehrten Klangfarben unabhängig voneinander eingestellt werden und mit Hilfe der Pedale gemischt werden.

»Die Veränderung der Klangmischungen geschieht durch zwei Pedale, welche die Klangfarben einblenden und auf welche die einfachen Klangfarben verteilt sind. Durch das rechte Pedal werden die dunklen, weichen, vokalartigen, vollen Klangfarben, durch das linke die hohen, silbrigen, näselnden, hellen Farben eingeblendet. Dadurch ist der Spieler in der Lage, das Mischungsverhältnis jederzeit, insbesondere während des Spiels und selbst auf einem Ton gleitend zu verändern.«⁷⁹⁹

Diese Beschreibung lässt vermuten – weitere Ausführungen diesbezüglich sind in dem Artikel Salas leider nicht enthalten – dass beim Rundfunk-Trautonium ebenso wie beim Telefunken-Modell zwar Klangfarben anhand von Drehknöpfen und Kipp-schaltern voreingestellt werden konnten. Die Pedale konnten nun, vergleichbar mit stufenlos variablen Klangfiltern, weitere Komponenten der Farbe ändern. Dabei teilte

⁷⁹⁷ Ebenda.

⁷⁹⁸ Ebenda.

⁷⁹⁹ Ebenda.

Sala die Klangkomponenten in zwei gegensätzliche Spektren auf, um das Potenzial der Gestaltung möglichst groß zu gestalten. Ein weiterer Vorteil bei diesem Bedienungskonzept ist die große Variabilität des Klanges, ohne die Hände von den Manualen nehmen und damit das Spiel, wenn auch nur kurz, unterbrechen zu müssen.

Über weitere Funktionskomponenten gibt Sala leider keinen direkten Einblick. Lediglich zu Beginn erwähnt er sehr kurz die generelle Gestaltung der Bedienungselemente an der Blende über den Manualen. »Das neue Instrument besteht aus 2 Stimmen, enthält daher 2 Manuale und symmetrisch von der Mitte aus verteilte Bedienungsorgane Tonhöhe, Subharmonische und Klangfarben.«⁸⁰⁰ Somit scheint die vom Telefunken-Trautonium bekannte Konzeption zur Gestaltung der Kontrollelemente für die Stimmung und Justierung der Manuale, aber auch für die Voreinstellung von Klangfarben beibehalten und erweitert worden zu sein. Zu diesen beiden Ebenen kommt nun diejenige zur Einstellung der Subharmonischen. Über konkrete technische Details zur Erzeugung der Subharmonischen oder der Klangfarben gibt Sala leider keinerlei Auskunft.

Das Rundfunk-Trautonium war in mehrfacher Hinsicht ein wichtiger Entwicklungsschritt in der Geschichte des Trautoniums. Mit diesem Modell löste sich Oskar Sala endgültig von Friedrich Trautwein und begann, selbständig Innovationen in Form von Variationen und Erweiterungen des Instrumentes vorzunehmen. Dabei ist die Hinzunahme eines zusätzlichen Manuals samt Pedal weniger hinsichtlich einer, nun möglichen, Zweistimmigkeit von Bedeutung. Vielmehr scheint die Entscheidung zu dieser Erweiterung von Sala aus spieltechnischen Gründen getroffen worden zu sein, nämlich die mögliche Virtuosität zu befördern. Die tatsächliche Mehrstimmigkeit, wenngleich noch relativ eingeschränkt möglich, wurde durch das Zuschalten subharmonischer Töne zu den gespielten vollzogen. Darüber hinaus konnte er das Klangfarbenspektrum sowie dessen Kontrolle durch den Interpreten erweitern und optimieren.

Mit diesen neuen Möglichkeiten, musikalische Vorträge zu gestalten, trat Sala mit seinem Trautonium wieder zunehmend an die Öffentlichkeit. Er erhielt, neben zahlreichen Auftritten in Begleitung eines Pianisten und als Gast, ab 1938 sogar eine eigene

⁸⁰⁰ Ebenda.

Sendung mit dem Titel *Musik auf dem Trautonium*, von der allein insgesamt 54 Übertragungen dokumentiert sind.⁸⁰¹ Ebenso nahm auch seine Konzerttätigkeit wieder zu, wodurch er zu häufigen Reisen mit dem Instrument gezwungen war. Diese Tatsache bewegte ihn abermals zu einer neuen Konstruktion des Trautoniums.

Über den Verbleib des Rundfunk-Trautoniums sind leider keine Informationen überliefert. Es ist anzunehmen, dass es im Funkhaus in der Masurenallee blieb und dort, möglicherweise noch im Krieg zerstört, oder nach dem Krieg demontiert und weiterverwertet wurde. Im Zuge der Abwicklung der Reichsrundfunkgesellschaft findet dieses Modell des Trautoniums selbst in einer Korrespondenz zwischen Sala und dem Inspektor des Funkhauses bereits keine Erwähnung mehr.⁸⁰²

2) Konzert-Trautonium

Der nächste Schritt zur Weiterentwicklung des Trautoniums findet seine Begründung in der Anforderung, das Instrument für die wachsende Zahl von Auftritten transportfähiger zu gestalten.⁸⁰³ Erstmalige Erwähnung findet dieses, als Konzert-Trautonium bezeichnete, Modell in Oskar Salas handschriftlichen Lebenslauf, in dem er das Jahr 1937 mit dem Vermerk »Konstruktion des Konzerttrautoniums für die Reichsrundfunkgesellschaft« eingetragen hat.⁸⁰⁴ Da dieser Fall allerdings die einzige Datierung des Konzert-Modelles für das Jahr 1937 ist und darüber hinaus die Reichsrundfunkgesellschaft als Auftraggeber genannt wird, könnte es sich hierbei um eine Verwechslung mit dem Vorgängermodell durch Sala selbst handeln. Die Tatsache, dass der Lebenslauf lediglich handschriftlich überliefert ist, wirft die Vermutung auf, dass es ein Entwurf war. In seinem ausführlichen, zweiteiligen Artikel in der Zeitschrift *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* berichtet Sala, dass »...1937 das Rundfunk- und 1940 das erste transportfähige Konzert-Trautonium...«

⁸⁰¹ Vgl. zu den Aktivitäten Salas im Rundfunk Peter Donhauser: *Elektrische Klangerzeugung*, S. 184 ff.

⁸⁰² Vgl. Korrespondenz im Nachlass Salas. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12388, fol. 1956/002 sowie fol. 1956/003.

⁸⁰³ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 185.

⁸⁰⁴ Oskar Salas handschriftlicher Lebenslauf, undatiert. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12365, fol. 1949-51/145.

entstanden sei.⁸⁰⁵ Das hier für die Entstehung angegebene Jahr 1940 deckt sich zusätzlich mit dem Bericht Salas aus einem Brief an Paul Hindemith von 1947. Da er bis 1935 für die verschiedenen Modelle und Versionen des Trautoniums komponiert hatte, kannte er wohl zumindest deren Unterschiede. Daher ist anzunehmen, dass Sala in dieser Korrespondenz größere Genauigkeit in der Angabe von Details walten lässt.

»So begann ich denn 1940 mit der Konstruktion eines neuen Instruments. Es vereinigte die bisherigen Erfahrungen mit den neu zu erwartenden Anforderungen an technische Stabilität, leichtere Transportmöglichkeit, einfachste Schaltungsmöglichkeiten der Klangfarben und Dimensionierung für grosse Konzertsäle.«⁸⁰⁶

Wie bereits bei der Weiterentwicklung des Telefunken-Modelles zum Rundfunk-Trautonium erfolgten auch bei diesem Entwicklungsschritt wieder Erweiterungen hinsichtlich der Bedienungsmöglichkeiten des Instrumentes. Zunächst ist festzuhalten, dass das Instrument hinsichtlich seines Aufbaus neu konzipiert werden musste, um es in möglichst einfacher Weise zerlegbar und damit transportierbar zu machen.

Hinsichtlich der Bedienungselemente, den tatsächlichen Kontrolleinheiten zur musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten, erfolgte ebenfalls einige Erweiterungen über die Oskar Sala in mehreren Artikeln teilweise sehr ausführlich berichtet. Er hebt dabei als »...wesentliches Kennzeichen eine eigentümlich gekoppelte Saiten-Pedaltechnik...«⁸⁰⁷

hervor. Gegenüber dem Rundfunk-Trautonium schuf er bei dem Konzert-Trautonium somit erneut eine Erweiterung der Kontrollmöglichkeiten, die er, wie bereits die Klangfarbeneinblendung beim Vorgängermodell, abermals unter Nutzung der Pedale umsetzte. Dabei behält er die Pedalfunktion des Rundfunk-Trautoniums bei. »Außerdem werden durch die Pedale die Tonbereiche auf den Saiten um Oktaven gewechselt (also während des Spiels), indem sich der Fuß nach rechts oder links seitwärts dreht.«⁸⁰⁸ Das Ziel dieser Erweiterung ist die Vergrößerung des möglichen Ambitus für das Konzert-Trautoniums im Vergleich zu dessen Vorgängermodellen. Allerdings ist aus heutiger Perspektive nicht mehr nachvollziehbar, inwiefern Sala diese Möglichkeit der Manualtransponierung in Oktaven in der Bedienung des Rundfunk-

⁸⁰⁵ Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, S. 315.

⁸⁰⁶ Brief Oskar Salas an Paul Hindemith vom 25. Januar 1947. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 3543, unfoliiert.

⁸⁰⁷ Oskar Sala: *Das Trautonium. Begriff und Aufgabe*, in: *Theater der Zeit* 4/11 (1949), S. 26.

⁸⁰⁸ Ebenda.

Trautoniums nicht bereits schon in Form von Dreh- oder Kippschaltern mitkonzipiert hat. Der erweiterte Ambitus des Instruments geht nun allerdings mit einer neuen Spielpraxis einher, indem die Füße nicht mehr allein für die Klangfarbenblende vorgesehen sind, wobei sie »...sich nach Art eines Orgelschwellers, nur nahezu kräftefrei [bewegen].«⁸⁰⁹ Nun muss eine gezielte seitliche Drehung in enger Abstimmung mit der Bewegung der Hände erfolgen. Es wird ein sehr hoher Anspruch an die Motorik und die Abstimmung von Bewegungen aller Gliedmaßen vom Spieler verlangt. »Verglichen mit anderen Musikinstrumenten ist der erforderliche Aufwand jedenfalls außerordentlich viel größer. Er kann sich nur dann rechtfertigen, wenn musikalische Möglichkeiten entstehen, die mit bisher bekannten Klangerzeugern nicht herstellbar sind.«⁸¹⁰



Abb. III-18a und b: Beispiel für die erweiterte Notation Salas. Die Buchstaben h, m, t bezeichnen im oberen System die jeweilige Pedalstellung zur Umschaltung der Oktavlagen der Manuale, wie sie im unteren System klingend dargestellt ist. Zudem ist an die Pedalstellung auch die Kombination der Subharmonischen gekoppelt, was in der jeweils analogen Akkordstruktur abgelesen werden kann. Abbildungen aus Salas *Das Mixtur-Trautonium*, in Winckels *Klangstruktur der Musik*.

⁸⁰⁹ Ebenda.

⁸¹⁰ Ebenda, S. 27.

In dieser Feststellung kann die Bemühung Salas herausgelesen werden, das Konzert-Trautonium als virtuos spielbares Musikinstrument zu konzipieren. Die Problematik der zunehmenden Komplexität des Spielvorgangs, die mit der steten Erweiterung von Kontrollfunktionen und Bedienungselementen einhergeht, blieb ihm, der als Interpret besonders durch Auftritte mit diesem Modell, seine Karriere bestritt, natürlich nicht verborgen. Andererseits unterstrich er in seiner Feststellung gleichzeitig den Nutzen einer solch aufwendigen Bedienung für eine vielfältigere musikalische Gestaltung, die höchstens mit derjenigen der Orgel vergleichbar bleibt. Zudem deutete er implizit im selben Zuge an, dass er der einzige Interpret dieses Instrumentes ist, der eben diese aufwendige Spieltechnik beherrscht. »Fortdauernde Übung hat gezeigt, daß sich hier psychische Bewegungsantriebe zu komplizierten physiologischen Gesamtbewegungen übereinanderlagern lassen, und diese psycho-physische Synthese ist das ganze Geheimnis der heutigen klanglichen und spieltechnischen Möglichkeiten des elektroakustischen Konzertinstruments.«⁸¹¹

Eine weitere Neuerung, nun bezüglich des Manuals, findet sich ebenfalls in diesem Artikel. Dabei handelt es sich um eine gegenüber dem Telefunken-Trautonium erweiterte Vorrichtung zur dynamischen Gestaltungsmöglichkeit. Dabei wurde das Manual über neue Formen variabler Widerstände gelagert. »Unter den Metallschienen befinden sich druckempfindliche Flüssigkeitswiderstände, die den Tonansatz und die Lautstärke durch die Art des Fingeranschlags und –drucks beeinflussen.«⁸¹² Diese Vorrichtung ist durch das gemeinsame Patent Nr. 628687 von Walter Germann und Oskar Sala von Telefunken bereits 1934 angemeldet und am 26. März 1936 schließlich erteilt worden.⁸¹³ Es kann somit angenommen werden, dass diese Vorrichtung bereits im Rundfunk-Trautonium Anwendung fand.

⁸¹¹ Ebenda, S. 26.

⁸¹² Ebenda.

⁸¹³ Vgl. hierzu den Abschnitt III.6.1) *Rundfunk-Trautonium*, S. 279–288 in dieser Untersuchung. Vgl. auch die Patentliste bei Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 279.

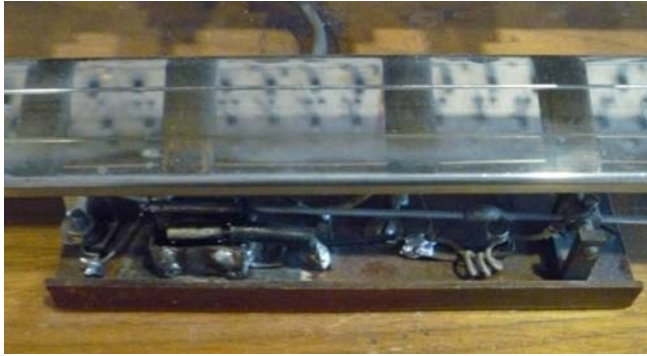


Abb. III-19: Ansicht der Vorrichtung zur dynamischen Gestaltungsmöglichkeit. Unter dem Manual ist ein Mechanismus angebracht. Ein Metallplättchen wird beim Niederdrücken der Metallschiene aus der leitenden Flüssigkeit gehoben. Hier ist das Mixtur-Trautonium nach Oskar Sala zu sehen, das im Musikinstrumenten-Museum Berlin SIM PK steht. Kat.-Nr.: 5834.

In einem früheren Artikel gab Sala ausführlichere Auskunft über die elektrotechnische Realisierung der Grundschiwingung, die sich allerdings nicht weiter von derjenigen des Telefunken-Trautoniums mit Thyatron unterschied.⁸¹⁴ Erstmals erteilte er allerdings Auskunft über die Schaltung, die zur Erzeugung der subharmonischen Zusatztöne Verwendung findet. Dabei werden zwei Thyatrons in der Form gekoppelt, dass der Anodenweg des ersten Thyatrons in das Gitter des zweiten führt. Somit wird die Zündspannung des zweiten Thyatrons durch Zündungen des ersten kontrolliert und synchronisiert. »Es entstehen musikalisch völlig reine harmonische Intervalle, da die Anordnung ähnlich einer Zahnradübersetzung funktioniert, sich also niemals verstimmen, sondern höchstens ganz außer Tritt fallen kann.«⁸¹⁵ Durch die Synchronisierung entstehen somit zusätzliche Schwingungen, die ein ganzzahliges Verhältnis zur Erzeugerfrequenz haben und somit ihrer subharmonischen Reihe, der Untertonreihe, entsprechen. An dieser Stelle fehlen weitere Beschreibungen der möglichen Subharmonischen leider völlig, so dass man zu der Annahme verführt sein könnte, dass das Konzert-Trautonium je Manual nur einen subharmonischen Ton zur Verfügung hat. In seinem Artikel in der Zeitschrift *Theater der Zeit* gab Sala jedoch einen wichtigen Hinweis. »Durch einen winzigen Fingerdruck auf eine der beiden Spielsaiten kann eine Summe von Tönen gleichzeitig entstehen.«⁸¹⁶ Zwar gibt auch diese Erwähnung keine detaillierten Auskünfte über die mögliche Anzahl der zuschaltbaren Subharmonischen, sie lässt jedoch vermuten, dass mehr als ein Zusatzton erzeugt werden konnte.

⁸¹⁴ Vgl. hierzu den Abschnitt III.5. *Telefunken-Trautonium*, S. 266–277 in dieser Untersuchung.

⁸¹⁵ Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, S. 317.

⁸¹⁶ Ders.: *Das Trautonium. Begriff und Aufgabe*, S. 27.



Abb. III-20: Beispiel für die Tonerzeugung der Haupt- und Nebengeneratoren für eine Stimme. Der Hauptgenerator, HG, erzeugt einen hohen Ton. Die Nebengeneratoren sind in diesem Falle eingestellt auf die Erzeugung des zweiten, vierten und siebten subharmonischen Zusatztons. Die subharmonische Reihe kann aus Abbildung 18 a abgelesen werden. Abbildung aus Salas *Das Mixtur-Trautonium*, in Winckels *Klangstruktur der Musik*.

Bezüglich der Klangsynthese erläuterte Sala zunächst seine Befunde zum Phänomen elektroakustisch erzeugter Vokalklänge, aus denen sowie den späteren Darstellung weiterer Klangfarbensynthesen, sein Studium der Naturwissenschaften und seine dabei erworbenen mathematischen und elektrotechnischen Fähigkeiten sprechen.⁸¹⁷ Zunächst verdeutlicht er, dass die Verhältnisse der Grundschwingung, bei ihm als Stoßfrequenz (SF) bezeichnet, zur erregten Schwingung im Formantschwingkreis, die er als Eigenfrequenz (EF) bezeichnet, als vokalartige Klänge wahrnehmbar sind. Diese Tatsache deutet er als Folge der Überlagerung der beiden Frequenzen und der daraus resultierenden Obertöne, die »...das charakteristische Bild einer Formantwirkung [haben]: Die der EF am nächsten liegenden Obertöne sind jeweils die stärksten des Klangspektrums.«⁸¹⁸ Auf mathematischen Weg hat er bis zu diesem Punkt durch Aufzeigen besonders von Schwingungsüberlagerungen, den Weg der Klangsynthese nach Friedrich Trautweins Hallformantentheorie nachgezeichnet. Er stimmt in seiner Schlussfolgerung mit ihm überein, dass eine konstante Eigenfrequenz des erregten Schwingkreises einer konstanten Klangfarbenempfindung entspricht. »Die Hörempfindung reagiert hier also nicht analytisch. Trotzdem die relativen Amplituden der Partialtöne ständig wechseln, bleibt die Klangfarbe dieselbe; wird aber die SF gleichzeitig mit der EF so variiert, daß das Verhältnis beider konstant bleibt, dann bleibt

⁸¹⁷ Vgl. Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, S. 317 f.

⁸¹⁸ Ebenda, S. 318.

auch das Obertonspektrum dasselbe, verschiebt sich nur auf andere Frequenzen. Dennoch wechselt die Klangfarbe, da die EF sich geändert hat.«⁸¹⁹

Aus dieser Feststellung gelang Sala nun allerdings zu der Folgerung, dass für eine Klangsynthese, die über die Erzeugung von Vokallauten hinausreichen möchte, eine einzige angeregte und kontrollierbare Eigenfrequenz nicht ausreiche. Möglicherweise lag es zudem in Salas Interesse, sich durch seine Annahmen von der, vergleichsweise einfachen, Klangsynthesetheorie Trautweins zu distanzieren und damit dessen potenziellen Patentansprüchen hinsichtlich der Konstruktion eines elektroakustischen Musikinstrumentes zu umgehen. Diese Annahme wird durch die weiteren Ausführungen Salas unterstrichen.

»Als klangbestimmende Elemente werden in der neuen Form des Trautoniums vorwiegend Schwingungskreise verwendet, die aus zwei Kapazitäten und zwei Selbstinduktionen bestehen [...]. Nach der Rechnung treten zwei EF auf, die stets voneinander verschieden sein müssen und durch Variationen der K [Kapazität] und L [Selbstinduktion] im Frequenzverhältnis gegenseitiger Amplitude und Dämpfung verschiedenartigste Möglichkeiten ergeben.«⁸²⁰

Mit dieser Aussage wird deutlich, dass Sala die elektrotechnische Umsetzung der Klangsynthese, verglichen mit der Friedrich Trautweins, tatsächlich erweitert hat. Das Grundprinzip einer obertonreichen Ausgangsschwingung, die in einem zweiten Schritt durch höherfrequente Schwingungen überlagert und damit umgeformt wird, blieb zwar erhalten. Allerdings war der Prozess der Umformung nun erheblich komplexer gestaltet, indem die Eigenfrequenz des angeregten Schwingkreises in zwei, voneinander abhängige Schwingungen aufgespalten wurde. Es ergaben sich daraus grundtonarme Klangspektren, die laut Sala von den meisten musikalischen Klangfarben her bekannt seien.⁸²¹ Zusätzlich mussten beide Eigenfrequenzen beeinflussbar sein, um die daraus resultierende Klangfarbe facettenreich gestalten zu können. »Es mußten also mehrere EF verwendet werden und zwar so, daß die höhere der beiden in der Amplitude regelbar wurde. [...] So entstand das erste Klangfarbenpedal.«⁸²² Mit der Anmerkung über das Klangfarbenpedal wird die Vermutung aufgeworfen, dass

⁸¹⁹ Ebenda, S. 319.

⁸²⁰ Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, S. 320.

⁸²¹ Vgl. ebenda, S. 321.

⁸²² Ebenda.

die beschriebene Funktion derjenigen entsprach, die bereits für das Modell des Rundfunk-Trautonium konstruiert wurde. Leider kann aus Salas gesamten Artikel kein Rückschluss auf diese Tatsache mit vollständiger Sicherheit gezogen werden, da er das Vorgängermodell nicht erwähnt. Ruft man sich jedoch die Beschreibungen der Pedalfunktionen ins Gedächtnis, die Sala in seinem Artikel über das Rundfunk-Trautonium ausführte, besonders die Tatsache, dass das eine Pedal für die Einblendung der »...hohen, silbrigen, näselnden, hellen Farben...«⁸²³ verwendet wurde, so liegt die Vermutung nahe, dass diese Funktion für das Konzert-Trautonium beibehalten, möglicherweise noch erweitert worden war. Diese Vermutung wird unterstützt durch die kurze zusammenfassende Beschreibung beider Pedale.

»Die EF sind nunmehr auf beide Pedale so aufgeteilt, daß das linke die hohen, das rechte die tiefen EF einblendet. Jedes Klangregister kann dadurch in sich variiert werden in einem Umfange, wie er bei anderen bekannten Klangregistern nicht möglich ist, ja es können die beiden Teile auch jeder für sich erklingen; die Klangfarbe kann plötzlich wechseln.«⁸²⁴

Sala legte in seinem Artikel besonderen Wert auf die verbesserte Klangsynthese mithilfe seiner erweiterten Schaltungen in den Formantkreisen. Die weiteren Ausführungen und der zweite Teil des Artikels im darauf folgenden Heft der Zeitschrift *Frequenz* widmen sich überwiegend diesem Aspekt des Trautoniums. Mit seiner zweiten, selbstständig unternommenen Konstruktion hob Sala ein weiteres Mal die musikalischen Qualitäten des Trautoniums an. Sicherlich war er motiviert durch seine zunehmenden Tätigkeiten, sowohl im Rundfunk als auch bei Konzertauftritten. Das bereits 1936 uraufgeführte *Konzert für Trautonium und Orchester* von Harald Genzmer sicherte ihm als Repertoirestück ein Auftreten als Solist über die Emigration Hindemiths und dem Aufführungsverbot seiner Werke hinaus. Die erneute Aufführung des Genzmerschen Konzertes, nun in einer überarbeiteten Fassung, erfolgte unter Carl Schuricht in der Berliner Philharmonie am 28. Oktober 1940, das von der Kritik positiv aufgenommen wurde.⁸²⁵ Dieses Konzert stellte einen Höhepunkt in Salas Karriere dar, die allerdings noch bis 1944 andauern sollte und »...nicht immer nur das Trauto-

⁸²³ Oskar Sala: *Ein neues elektrisches Soloinstrument*, S. 5.

⁸²⁴ Oskar Sala: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, S. 320.

⁸²⁵ Vgl. zu den Konzerttätigkeiten Salas und deren Rezeption Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 187 ff.

niumkonzert Genzmers, sondern häufig auch Soloabende mit Klavierbegleitung (meistens allerdings mit Harlad Genzmer als Pianist) [umfasste].⁸²⁶ Eine Filmaufnahme dokumentiert die Demonstration des Konzert-Trautoniums vor einem kleinen Fachpublikum in den Niederlanden.⁸²⁷ In seinem Brief an Paul Hindemith von 1947 berichtete Sala darüber hinaus über Auftritte in Rom, wobei er dort die Darstellung der Gralsglocken in Wagners Parsifal übernahm.⁸²⁸ Die Tätigkeiten Salas mit dem Konzert-Trautonium waren nicht nur überaus zahlreich, sondern auch vielfältig.⁸²⁹ Allerdings konnte Salas künstlerische Tätigkeit ihn zuletzt doch nicht vor dem Kriegsdienst bewahren. Damit war dem Trautonium zunächst eine mehrjährige ›Zwangspause‹ beschert. Nur durch mehrere glückliche Umstände blieb Oskar Sala doch soweit unversehrt, dass er nach dem Krieg seine Tätigkeit als Interpret und Konstrukteur wieder aufnehmen konnte. Auch das Trautonium selbst überstand den Krieg sowie die darauffolgenden Jahre. Durch den Vergleich von Videoaufnahmen und Abbildungen mit dem heute im Deutschen Museum München befindlichen Modell des Konzert-Trautoniums, Inv.-Nr. 2009-20, ist ersichtlich, dass an diesem Instrument Modifikationen an den mittleren Schalterfeldern über den Manualen vorgenommen wurden, indem die große Anzahl weißer Schalter reduziert und diese durch Drehschalter ersetzt wurden.⁸³⁰ Erst nachdem das Nachfolgemodell bereits konstruiert war, ist ein großer Teil des elektrotechnischen Innenlebens des Konzert-Trautonium Schrottdieben zum Opfer gefallen.⁸³¹ Es stand dennoch lange Zeit in Oskar Salas Studio, bevor es dann über Umwege, beispielsweise dem Musée de la Musique in Paris, ins Deutsche Museum München kam.

⁸²⁶ Ebenda, S. 187 f.

⁸²⁷ Vgl. hierzu das Video *Electrische piano: Trautonium (1941)*:

<http://www.youtube.com/watch?v=TQ4wGucalpc&list=FL0trbQdgeOPQciOCAd0TpSA>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁸²⁸ Vgl. Brief Oskar Salas an Paul Hindemith vom 25. Januar 1947. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 3543, unfoliiert.

⁸²⁹ Vgl. hierzu die Liste zu »Aufführungsdaten Salas nach dem Konzertabend in der Berliner ›Philharmonie‹ von 1940 bis 1944 bei Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 256 ff.

⁸³⁰ Vgl. hierzu das Video *Oskar Sala - Konzert-Trautonium im Wandel – 1940–1950*:

www.youtube.com/watch?v=iVOjSnjyevI. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. An dieser Stelle sei für ihre freundliche Unterstützung bei der Besichtigung des Konzert-Trautoniums im Deutschen Museum Frau Dr. des Silke Berdux gedankt.

⁸³¹ Vgl. hierzu die Aussagen Salas in dem Video *Oskar Sala - Konzert-Trautonium History Geschichte 1987*: <http://www.youtube.com/watch?v=TLPHzS8CpQ8>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.



Abb. III-21: Das Konzert-Trautonium mit Orchesterbegleitung. Im Hintergrund sind ein Klarinettist und ein Trompeter zu erkennen. Zu welchem Anlass diese Aufnahme entstand, konnte nicht ermittelt werden. Abbildung aus dem Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums SIM PK. Re4 JE 05.

3) Mixtur-Trautonium

Bevor auf das letzte Modell des Trautoniums eingegangen wird, muss eine unvollendete Instrumentenkonstruktion aus Salas Hand Erwähnung finden. Es handelt sich dabei um das sogenannte Quartett-Trautonium, dessen Konstruktion von der Deutschen Verwaltung für Volksbildung in der Sowjetischen Besatzungszone in Auftrag gegeben wurde. Der Vertrag ist auf den 6. August 1948 datiert.⁸³² Da das Quartettinstrument jedoch nicht fertiggestellt wurde, bleibt es lediglich ein Zeugnis für die Beschäftigung Salas, die in diesem Falle zu keiner funktionsfähigen Instrumentenkonstruktion heranreifen konnte, sondern im Versuchsstadium blieb.

Die letzten baulichen Anstrengungen Oskar Salas führten zur Entstehung des sogenannten Mixtur-Trautoniums. Es kann einerseits als eine Weiterentwicklung seiner vorhergehenden Trautonium-Modelle gelten, andererseits aber wird diesem Modell in einschlägigen Lexika ein eigener Abschnitt innerhalb der Darstellung des Trautoniums bzw. vollständig eigener Artikel gewidmet.⁸³³ Diese Tatsache beruht einerseits auf dem bisherigen Forschungsdesiderat zwischen dem Telefunken-Trautonium und dem Mixtur-Trautonium, andererseits kann dieser Umstand aber auch auf Salas um-

⁸³² Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 228.

⁸³³ Vgl. Martin Supper/Elena Ungeheuer: Art. *Elektroakustische Musik*, Sp. 1742. Sowie Hugh Davis: Art. *Mixtur-Trautonium*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Musical Instruments* 3, London 1987, S. 666–667. Ebenso in: Herbert Eimert/Hans Ulrich Humpert: *Das Lexikon der elektronischen Musik*, S. 206.

fangreiche Publikationstätigkeit bezüglich seiner neuen Instrumentalkonstruktion zurückzuführen sein. Für die nachfolgenden Ausführungen werden diese Artikel herangezogen, wobei durch ihre inhaltliche Überschneidung eine Auswahl getroffen werden konnte. Die Entwicklung vom Konzert-Trautonium bis hin zum »fertigen« Mixtur-Trautonium zieht sich über mehrere Jahre hin. Dabei ist von Bedeutung, dass dieses Modell eine charakteristische Eigenschaft besitzt, die bei seiner Betrachtung als »Instrument« auffallend ist. In seinen beiden frühesten Artikeln beschreibt Sala noch das Instrument als eine einzige, in sich abgeschlossene und alle dazugehörigen Funktionen umfassende, Konstruktion.⁸³⁴ Bereits fünf Jahre später nimmt er in seine Beschreibung »...kleine Zusatzgeräte zum Mixtur-Trautonium, die unter dem Begriff »elektrisches Schlagwerk« zusammengefaßt sind,...« auf.⁸³⁵ Ebenso findet ein weiteres zusätzliches Gerät, das Tonband Erwähnung, womit dem Trautonium, das zu dieser Zeit und in dieser Form bereits ein singuläres Instrument war, neue Möglichkeiten eröffnet wurden. »Das einzige vorhandene Instrument wurde mit Tonbandüberspielungen vervielfacht.«⁸³⁶ In seiner letzten Publikation vor seiner »Wiederentdeckung« anlässlich seines 80. Geburtstages, wie es Ruschkowski schreibt, stellt Sala das Mixtur-Trautonium im Kontext einer Studio-Ausstattung dar. Dabei werden neben elektrischem Schlagwerk und Tonbandgeräten auch Mischverstärker und Hallplatte genannt, bevor auf die Möglichkeit zur Übertragung von Tonbandaufnahmen auf Magnetfilm zur Ton-Bild-Bearbeitung eingegangen wird.⁸³⁷ Es zeigt sich also am Inhalt dieser Publikationen eine stete Weiterentwicklung des ursprünglichen Instrumentes zu einem voll funktionsfähigen Studio. Das Mixtur-Trautonium wächst innerhalb etwa eines Jahrzehntes über den klassischen Begriff eines Musikinstrumentes hinaus zu dem Ton- und Klangerzeugenden Instrument innerhalb des Geräteverbundes eines Tonstudios.

⁸³⁴ Vgl. Oskar Sala: *Das Mixtur-Trautonium*, in: *Melos* 9/17 (1950), S. 247–251. Sowie ders.: *Das Mixturtrautonium*, in: *Physikalische Blätter* 9/6 (1950), S. 390–398.

⁸³⁵ Ders.: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik. Neue Erkenntnisse musik-elektronischer Forschung. Vortragsreihe »Musik und Technik« des Außeninstitutes der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg*, Berlin-Borsigwalde 1955, S. 100.

⁸³⁶ Ebenda, S. 101.

⁸³⁷ Vgl. ders.: *Mixtur-Trautonium und Studio-Technik*, in: Hermann Scherchen (Hrsg.), *Gravesaner Blätter* 23, 24/6 (1962), S. 42–51.

Die gesonderte Darstellung dieses Trautonium-Modelles in Lexika ist daher durchaus berechtigt, sofern der Begriff eines Musikinstrumentes weiter gefasst wird und die Zusatzgeräte des elektrischen Schlagwerkes in die Darstellung mit einbezogen werden. Da Sala in seinem zweiteiligen Artikel *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums* bezüglich des Konzert-Trautoniums keinen Hinweis auf die Anzahl der zuschaltbaren Subharmonischen gibt, ist über den Unterschied zu dem Mixtur-Trautonium keine eindeutige Aussage möglich. Vergleicht man Abbildungen der beiden Instrumente, so werden Änderungen in der Anordnung der Drehschalter offensichtlich, ein Unterschied zumindest in der Gestaltung der Bedienelemente liegt also nahe, kann allerdings nicht mehr im Detail nachvollzogen werden. Ebenso kann keine Aussage über die auswählbaren Tonhöhen der Subharmonischen gemacht werden.

Im Gegensatz dazu kann das elektronische Schlagwerk, das auch auf Abbildungen in der Mitte unter den Manualen im Fußraum des Instrumentes angebracht ist, deutlich als Zusatz ausgemacht werden. Darüber hinaus wird durch dessen Positionierung nahe gelegt, dass die Gehäuse von Konzert- und Mixtur-Trautonium identisch, also nach den gleichen Konstruktionsplänen angefertigt zu sein scheinen. Eine Anmerkung Salas aus einem Schreiben an die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, worin er verschiedene Posten finanzieller Aufwendungen auflistet, unterstreicht diese Vermutung noch. Unter Punkt 1 ist für »Tischlerarbeiten (Spieltisch mit Zubehör, Verstärkerschrank, Netzanschlußteil, alles für Transportzwecke in handliche Einzelaggregate zerlegbar einschl. Transportkisten« eine Summe von 1000 DM angesetzt.⁸³⁸ Auch über die Durchführung dieser Anfertigungen findet sich eine Anmerkung. »Sämtliche Posten sind Minimalwerte, die sich daraus herleiten lassen, daß es mir in meinen bisherigen Arbeiten gelungen ist, kleine aber mit meinen Spezialwünschen schon vertraute, z.T. handwerkliche Betriebe ausfindig zu machen.«⁸³⁹

In seinen ersten Artikeln über das Mixtur-Trautonium geht Sala besonders auf einen neuen Aspekt ein, der mit der Vielfalt an erzeugbaren Subharmonischen in Verbindung steht. Die zuschaltbaren Frequenzen sind in ihrem Verhältnis zur erzeugten

⁸³⁸ Schreiben Oskar Salas an die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft vom 17. April 1951. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12371, fol. 1952/136.

⁸³⁹ Ebenda.

Grundschiwingung ganzzahlige Teiler. Somit kann eine zu spielende Melodie als Folge von in sich absolut gleich strukturierten Akkorden erfolgen, ohne dass diese in der Notenschrift festgehalten werden müssen. Darüber hinaus könnten sie auch nicht exakt in Notenschrift dargestellt werden.

»Die Notenschrift reicht nicht aus, das wirkliche Klangbild einzufangen. Sie unterscheidet nicht zwischen reinen und temperierten Intervallen, vermag auch nicht die feinen dynamischen Abstufungen innerhalb der Mixturen wiederzugeben und läßt nicht erkennen, daß ein solcher Komplex auf jede Variation von Klangfarbe, Dynamik und Tonhöhe absolut gleichzeitig anspricht. Wir hören keineswegs immer eine Summe gleichberechtigter Töne, wie sie das Notenbild zeigt, sondern meist einen ›Führungston‹, das ist die jeweils stärkste Komponente, und ein schwer beschreibbares ›Akkordgerüst‹, das sich auf der tiefsten Komponente aufbaut. Der Klang wird oft ›ganzheitlich‹, wie ihn Glocken oder Gongs hören lassen.«⁸⁴⁰

Das hier geschilderte Phänomen der Bildung eines Klanges, der aus einer Mischung mehrerer Frequenzen entsteht, wobei eine Tonhöhe dominiert, ist vergleichbar mit der Mixtur einer Orgel. Allerdings werden bei der typischen Orgel-Mixtur »...zu jeder Taste vier Pfeifen in wechselnder Oktav- und Quintlage...« hinzugefügt.⁸⁴¹ Die zuschaltbaren Frequenzen des Mixtur-Trautoniums sind jedoch tiefer, als die Frequenz des dominierenden Melodietones, da sie sich aus Subharmonischen zusammensetzt.⁸⁴² Das Instrument erhält aber durch eben diese Verbindung von Melodiespiel mit Akkordfolgen eine neue charakteristische Farbqualität. Aufgrund dieses Phänomens verlieh ihm Oskar Sala auch die Bezeichnung Mixtur-Trautonium.

Eine Folge der subharmonischen Mixturen ist, dass die damit erzeugten Akkorde von mathematisch exaktem Verhältnis sind. Für das Spiel auf dem Instrument hat diese Eigenschaft nicht zu unterschätzende Auswirkungen, besonders wenn gemeinschaftliches Musizieren unter Begleitung, beispielweise durch temperiert gestimmte Instrumente, bewältigt werden muss. »Wollte man nämlich versuchen, solchen in sich rei-

⁸⁴⁰ Oskar Sala: *Das Mixtur-Trautonium*, S. 249 f.

⁸⁴¹ Jürgen Meyer/Uwe Pape u.a.: Art. *Orgel*, Sp. 900.

⁸⁴² Der Vergleich mit der Orgel findet sich bisweilen auch in den Publikationen Salas selbst. Über die Problematik der Notenschrift wird weiter unten noch einzugehen sein. Eine ausführliche Versuchsreihe zu der Problematik zwischen physikalisch messbaren Klangfarbensynthesen und physiologisch wahrgenommenen Klangeindrücken stellte er im selben Jahr in zwei Publikationen vor. Vgl. Oskar Sala: *Psycho-physische Konsequenzen elektro-akustischer Klangsynthesen*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 5/1 (1951), S. 13–20. Ders.: *Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 5/9 (1951), S. 250–258.

nen Akkorden eine temperierte Spielweise zu überlagern, grob gesprochen etwa, indem man statt der Saiten temperiert gestimmte Tasten verwendet, so wäre das Ergebnis eine gräuliche Mißstimmung.«⁸⁴³ Dieser Problematik kann durch exakte Intonation entgegengewirkt werden, was auf einem Tasteninstrument nicht möglich wäre. An dieser Stelle erweist sich die Gestaltung des Manuals in Form einer Drahtsaite, die stufenlos abgegriffen werden kann, als regelrechter Glücksfall. Mit dieser Manualform kann der Trautonium-Spieler, wie auf einem Streichinstrument nach Belieben und Bedarf intonieren und damit die Differenzen ausgleichen. »Dadurch wird es zum ersten Male in der Musik möglich, das System reiner und harmonischer Intervalle beliebiger Ordnungen praktisch anzuwenden.«⁸⁴⁴ Bereits die bloße Tonerzeugung bei RVS- und Telefunken-Trautonium profitierte von der stufenlosen Tonhöhengestaltung des Manuals. Sofern das einstimmige Trautonium einen musikalischen Vortrag lediglich allein zu bestreiten hatte, wäre das Problem der Stimmung womöglich nur einem kleinen Kreis von Hörern, die eine entsprechende Vor- bzw. Ausbildung hatten, aufgefallen. Inwiefern dieser Aspekt bereits in dem frühen Entwicklungsstadium des Manuals zur Diskussion stand, kann anhand erhaltener Dokumente nicht mehr nachgewiesen werden. In Verbindung allerdings mit den nun möglichen Mixtur-Akkorden des neuen Trautonium-Modelles, hätte ein Manual mit feststehender Stimmung diese Erweiterung der klanglichen Eigenschaften zumindest be- wenn nicht sogar verhindert.

Die bezüglich des Konzert-Trautoniums ausgeführten Erläuterungen zu der erweiterten Klangfarbengestaltung durch zwei, statt wie nach Trautweins Vorschlag lediglich durch eine erregte Schwingung, behielt Sala bei.⁸⁴⁵ Darüber hinaus stellte er fest, dass die Mixtur-Akkorde die Wirkung der Klangfarbensynthese von zwei erregten Eigenfrequenzen besonders unterstützen.

»Überraschenderweise übertreffen die so erzeugten Klangfarben diejenigen der einfachen SF [Anm.: Stoß- bzw. Grundfrequenz] noch an Prägnanz. Hat man z.B. EF in der Lage der Vokalformanten und erregt sie durch irgendwelche SF-Kombinationen, so bleiben die Vokalfarben nicht

⁸⁴³ Oskar Sala: *Das Mixtur-Trautonium*, S. 250.

⁸⁴⁴ Ebenda.

⁸⁴⁵ Vgl. ders.: *Das Mixturtrautonium*, in: *Physikalische Blätter* 9/6 (1950), S. 394 f.

nur erhalten, sondern treten weit charakteristischer hervor, am besten dann, wenn die SF möglichst zahlreich und dicht liegen.«⁸⁴⁶

Neben dem Saitenmanual ist auch Salas eigene Weiterentwicklung des Schwingkreises, in Verbindung mit den entwickelten, nun vielfältig gestaltbaren Subharmonischen, hinsichtlich der Klangfarbenqualität aufgrund ihrer elektrotechnischen Beschaffenheit vorteilhaft. Durch die 1951 in der Zeitschrift *Frequenz* erläuterten Versuche gelangte er schließlich auf einen zweifach erweiterten Begriff der Klangfarbe, wobei die erste Erweiterung einer technisch-experimentellen Errungenschaft zugrunde liegt. Durch die Möglichkeit der Zuschaltung verschiedenster Subharmonischer wird die ursprüngliche Klangfärbung um eine akkordische Komponente erweitert. Der zweiten Erweiterung liegt die Beschaffenheit des menschlichen Hörens zugrunde, indem die neue akkordische Komponente den Grenzbereich zwischen physisch möglicher Differenzierung und der Interpretation durch das Gehirn trifft, wobei Sala in dieser Wirkung eine neue Form des Hörens postuliert.

»Man könnte sich jedoch vorstellen, daß aus dem allgemeinen ständigen Zusammenwirken derartiger experimenteller und psychischer Klangphänomene eines fernen Tages eine nochmalige wesentliche Erweiterung der psychischen Einflußnahme auf die physiologische Feinstruktur [Anm.: des Ohres] möglich wird.«⁸⁴⁷

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist eine allzu detaillierte Untersuchung der Erläuterungen Salas leider nicht möglich, sie wäre allerdings sicherlich aus heutiger Perspektive der Musikpsychologie interessant.⁸⁴⁸

Die ausgeführten Darstellungen Salas gehen zurück auf die neuen Gestaltungsmöglichkeiten der Subharmonischen, über die er allerdings erst in seinem späteren Artikel detailliertere Auskunft gibt. Demzufolge können für die beiden Manuale jeweils vier Nebengeneratoren aktiviert werden, womit zu jedem gespielten Ton ein vierstimm-

⁸⁴⁶ Ebenda, S. 395.

⁸⁴⁷ Oskar Sala: *Psycho-physische Konsequenzen elektro-akustischer Klangsintthesen*, S. 20.

⁸⁴⁸ Besonders der Artikel *Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen* geht auf die Möglichkeit akustischer Fehlinterpretationen des Gehirns ein, wenn die Eigenfrequenzen durch rasch aufeinanderfolgende, nicht vollständig Ausklingende Stoßfrequenzen angeregt werden. Sala vergleicht dabei die Funktion des menschlichen Gehörs mit der Funktionsweise seiner doppelt erregbaren Schwingkreise zur Klangfarbengestaltung. Vgl. ders.: *Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen*, S. 250–258.

ger subharmonischer Akkord erzeugt werden kann.⁸⁴⁹ Diese Akkorde »...werden an 20stufigen Umschaltern registriert. Für jeden Nebengenerator sind drei derartige Schalter vorgesehen. Es können dadurch drei verschiedene subharmonische Frequenzen vor dem Spiel vorbereitet und beim Spiel durch Pedalbewegung gewechselt werden.«⁸⁵⁰ Die Möglichkeit zur Voreinstellung ist für das Mixtur-Trautonium im Gegensatz zum Vorgängermodell erweitert worden. Zum einen ermöglichte das Konzert-Trautonium lediglich Oktavtranspositionen der Nebengeneratoren. Zum anderen konnten nun zusätzlich deren jeweiligen Lautstärken gesondert eingestellt werden.⁸⁵¹ Die elektrotechnische Umsetzung dieser vielfältigen Kontrollmöglichkeiten geht auf ein neues Patent Oskar Salas zurück, dessen Einsendung durch die Empfangsbescheinigung des Deutschen Patentamtes, erhalten im Nachlass Salas, auf den 18. Januar 1952 datiert ist.⁸⁵²

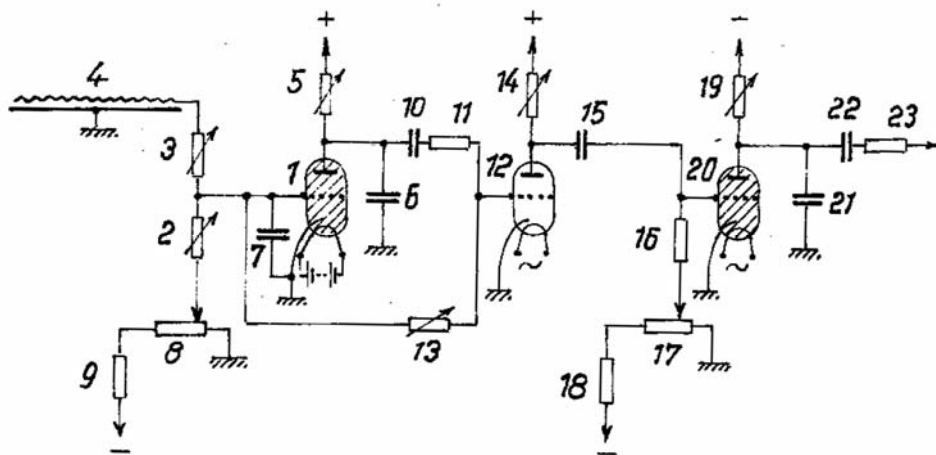


Abb. III-22: Funktionsskizze zur Synchronisierung der Subharmonischen und der Grundschwingung aus dem Patent DBP 917470 von Oskar Sala. Die vollständige Patentschrift findet sich im Anhang.

Das Patent DBP 917470 mit der Bezeichnung »Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente« wurde ihm am 2. September 1954 erteilt.⁸⁵³ Dieses Pa-

⁸⁴⁹ Vgl. Oskar Sala: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik*, S. 91.

⁸⁵⁰ Ebenda, S. 92 f.

⁸⁵¹ Ebenda, S. 93.

⁸⁵² Vgl. Empfangsbescheinigung des Deutschen Patentamts. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12377, fol. 1953/126. Vgl. auch die Patentschrift im Anhang, V.2. *Patente Oskar Salas*, S. 334–355 in dieser Untersuchung.

⁸⁵³ Vgl. Vollständige Patentschrift auf der Internetseite des Deutschen Patent- und Markenamtes: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=treffer&action=pdf&docid=DE000000917470B&Cl=4&Bi=1&Ab=&De=1&Dr=6&Pts=&Pa=&We=&Sr=&Eam=&Cor=&Aa=&so=asc&sf=vn&firstdoc=0&NrFaxPages=8&pdfpage=1>. Zuletzt aufgerufen am 28. Sep-

tent beantragte Sala noch im gleichen Jahr in den Vereinigten Staaten, als auch im darauf folgenden Jahr in Frankreich.⁸⁵⁴ Die darin vorgestellte Verkettung von Röhren stellt die elektrotechnische Umsetzung der Synchronisation einer Grundschiwingung mit den vier Nebengeneratoren dar. Dabei ist der Bedarf an Röhren beträchtlich. Je Nebengenerator muss eine Röhre zwischengeschaltet werden, die zunächst lediglich die Amplitude der Grundschiwingung umkehrt, die mit wachsender Frequenz abfällt. Die Frequenz ist jedoch an beiden Röhren die gleiche. Indem die Frequenz bzw. Stromstöße der zweiten Röhre auf das Gitter einer dritten Röhre geleitet werden, ändert sich deren Frequenz in umgekehrt proportionalem Verhältnis zur ersten Röhre.⁸⁵⁵ Um die Frequenzverhältnisse beeinflussen und damit exakt synchronisieren zu können, sind regelbare Widerstände an den Anodenseiten der Röhren zwei und drei angebracht. Die Eigenheit dieser Vorrichtung ist, dass subharmonische Zusatztöne stets streng parallel zueinander laufen und »...über den gesamten frequenzvariablen Bereich des Manuals [...] erhalten [bleiben].«⁸⁵⁶ Es können somit die Akkordstrukturen, drei verschiedene Voreinstellungen der Akkordstruktur und darüber hinaus die Lautstärke einzelner Töne beeinflusst werden. Mit dieser komplexen Vorrichtung sind allein bezüglich der subharmonischen Zusatztöne eine Fülle von Variablen kontrollierbar, die dem Mixtur-Trautonium nicht nur seinen Namen, sondern auch sein charakteristisches und äußerst facettenreiches Klangbild verleihen.

Ein weiteres Patent muss an dieser Stelle erwähnt werden, auch wenn es keine Neuheit mit sich bringt. Ebenfalls am 18. Januar 1952 meldet Sala die Vorrichtung eines »Amplitudenreglers für elektrische Musikinstrumente« an, die Erteilung mit der Nummer DBP 1017448 erfolgte am 3. April 1958.⁸⁵⁷ Es handelt sich dabei um eine

tember 2016. Vgl. auch die Patentschrift im Anhang, V.2. *Patente Oskar Salas*, S. 334–355 in dieser Untersuchung.

⁸⁵⁴ Das Französische Patent wurde unter der Bezeichnung »Dispositif de synchronisation pour instruments de musique électriques« als FR1074838 am 7. April 1954, das US-Amerikanische unter der Bezeichnung »Synchronizing system for electrical musical instruments« als US2740892 am 3. April 1956 erteilt. Vgl. dazu auch die Internetseite des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/oskar-sala/patente/>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁸⁵⁵ Vgl. Oskar Sala: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik*, S. 105 f.

⁸⁵⁶ Ebenda, S. 107.

⁸⁵⁷ Vgl. Vollständige Patentschrift auf der Internetseite des Deutschen Patent- und Markenamtes: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=treffer&action=pdf&docid=DE000001017448B&Cl=4&Bi=1&Ab=&De=1&Dr=6&Pts=&Pa=&We=&Sr=5&Eam=&Cor=&Aa=&so=asc&sf=vn&firstdoc=0&NrFaxPages=7&pdfpage=1>. Zuletzt aufgerufen am 28.

Erweiterung des 1936 von Telefunken angemeldeten Patentes DE 628687, das gemeinsam von Walter Germann und Oskar Sala entwickelt und bei der Überprüfung des neuen Patentes auch mit einbezogen wurde. Die Erweiterung bezieht sich auf die gesamte Vorrichtung zur dynamischen Gestaltungsmöglichkeit, wie aus den Zeichnungen hervorgeht.⁸⁵⁸ Mit diesem Patent sicherte Sala sich die weitere Anwendung der Idee druckabhängiger Lautstärkeregelung für das Mixtur-Trautonium.

Durch diese zahlreichen Gestaltungsmöglichkeiten des musikalischen Vortrages gelangte Sala, wie oben bereits angedeutet, zu einer erweiterten Notation. Zunächst werden die drei Pedalstellungen ›hoch‹, ›mittel‹, ›tief‹ als Buchstabenkürzel ›h, m, t‹ in den herkömmlichen Notentext eingefügt. Darüber hinaus werden die drei Voreinstellungen der Nebengeneratoren in Registriertabellen festgehalten, woraus die Akkordstrukturen der entsprechenden Pedalstellungen ersichtlich werden. »Die Griffschrift und die Registriertabelle vereinfachen daher nicht nur das Notenbild, sondern ermöglichen erst, den gewünschten Klang genau festzulegen.«⁸⁵⁹ Die herkömmliche Notenschrift wird in zweifacher Hinsicht ergänzt. Zunächst werden Pedalstellungs- und damit Akkordstrukturwechsel direkt in den Notentext eingefügt. Die Voreinstellungen geschehen durch zusätzliche, außerhalb des Notentextes fixierte Informationen. Vorgänge, wie das Ein- bzw. Ausblenden hoher und tiefer Klangfarbenanteile, kontrolliert durch das Treten der Pedale, werden allerdings nicht notiert.

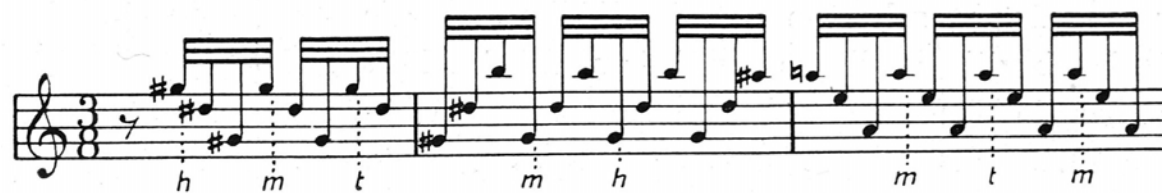
Im selben Artikel stellt Sala erstmals auch das elektronische Schlagwerk vor und deutet damit die weiter folgende Entwicklung bereits an, innerhalb derer das Mixtur-Trautonium als Ton- und Klangerzeuger zu einer, wenngleich besonders bedeutenden, Funktionseinheit eines größeren Systems, dem Tonstudio, werden sollte. Die Installation des Schlagwerkes begründet er eindeutig, wenn auch nicht ausdrücklich, durch die Anwendung dieses Instrumentes zur Gestaltung von Film- und Hörspielmusik, also durch das Bedürfnis außermusikalische Werke und Sujets »...akustisch zu illustrieren.«⁸⁶⁰

September 2016. Vgl. auch die Empfangsbescheinigung des Deutschen Patentamts aus dem Nachlass Oskar Salas. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12377, fol. 1953/125. Vgl. zudem die Patentschrift im Anhang, V.2. *Patente Oskar Salas*, S. 334–355 in dieser Untersuchung.

⁸⁵⁸ Vgl. ebenda, S. 5.

⁸⁵⁹ Oskar Sala: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik*, S. 94.

⁸⁶⁰ Ebenda, S. 99.



		2. Manual PL			1. Manual PR				
		L ₂	h	m	t	t	m	h	L ₁
NG1	f	2	4	8	8	4	2	f	NG1
NG2	p	5	5	5	5	5	5	p	NG2
NG3	p	7	7	7	7	7	7	p	NG3
NG4	p	8	8	8	8	8	8	p	NG4

Abb. III-23: Die Griffschrift aus Abbildung 19 kombiniert Oskar Sala mit Registertabellen, in denen er Informationen zu den Voreinstellungen der Pedalstellungen festhalten kann. Dabei werden sowohl die Akkordstruktur durch Festlegung der Subharmonischen, als auch deren Lautstärke notiert werden.

Abbildung aus Salas *Das Mixtur-Trautonium*, in Winckels *Klangstruktur der Musik*.



Sowohl Maschinen-, als auch Motorengeräusche, aber auch Wasserfälle dienen ihm als Beispiel. »Für die angewandte Musik ist es wichtig, daß diese Stilisierungen ebenso leicht zu behandeln sind wie die Klänge anderer Instrumente auch. Insbesondere ist es erwünscht, daß die Möglichkeit zum Improvisieren besteht.«⁸⁶¹ Bemerkenswert ist die klangliche Vielfalt, die Sala hier bereits anspricht. Dass als Funktion des Trautoniums nicht allein die Nachahmung, die Substitution herkömmlicher Instrumente angedacht war, ist bereits aus früheren Publikationen überliefert, auch wenn Friedrich Trautwein im Vorwort der von ihm herausgegebenen *Trautonium Schule* noch diesen

⁸⁶¹ Ebenda, S. 100.

Aspekt proklamierte. Mithilfe des elektrischen Schlagwerkes vergrößerte sich allerdings das Spektrum möglicher klanglicher Gebilde, die über musikalische Vorgänge hinausgehen und weit in den Bereich des Geräuschhaften hineinreichen. Um dieser Vielfalt der Anwendung gerecht zu werden, konstruierte Sala drei kleine Zusatzgeräte, das elektrische Metronom, das Abklinggerät und einen Rauschgenerator. »Es entstehen Kurzzeittöne, deren Zeitdauer bis zur Grenze der Tonhöhenwahrnehmung vermindert werden kann. [...] Man kann nach einiger spieltechnischer Übung erreichen, daß Metronomimpulse und Tonwechsel bis zu hohen Geschwindigkeiten genau übereinstimmen. Es entstehen Kurztonfolgen und Kurzmixturfolgen.«⁸⁶² Das Abklinggerät konnte dem Metronom zugeschaltet werden, so dass entweder der Abklingvorgang periodisch wiederholt, oder dass zu den Rhythmus des Metronoms noch willkürlich Impulse bzw. Rhythmen hinzugefügt werden konnten.⁸⁶³ Auch der Rauschgenerator konnte dem Metronom zugeschaltet werden, darüber hinaus aber auch den Manualen sowie den Klangfarben erzeugenden Schwingkreisen.⁸⁶⁴ Diese vielfältige Vernetzung der unterschiedlichen Ton- und Klangerzeugenden Elemente machte das Mixtur-Trautonium zu einem äußerst vielseitigen Musikinstrument. Indem Sala es zusätzlich noch mit Tonbändern kombinierte, erreichte er eine Vervielfältigung des einzigen existierenden Instrumentes, aber auch der Arbeit des Interpreten wie des Komponisten. Aus den weiteren Ausführung über das Arrangement von Instrument und die beiden Tonbänder geht hervor, dass Sala zur Übertragung der Instrumentalklänge noch ein Mikrophon verwendete.⁸⁶⁵

In seiner späteren Publikation über das Mixtur-Trautonium in Verbindung mit Studio-Technik nimmt das Mikrophon keinen primären Rang zur Aufnahme mit dem Instrument mehr ein. Die Darstellung des Studios ist insofern besonders interessant, da es sich um Salas privates Studio handelt, das sich »...im Hause Mars-Film, Berlin-Ruhleben, in eigenen Räumen [befand].«⁸⁶⁶ In seiner Ausführung stellte er zunächst die primär für Aufnahmen verwendete Infrastruktur der verschiedenen Geräte vor.

⁸⁶² Ebenda. Vgl. hierzu auch Oskar Sala: *Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen*, S. 250–258.

⁸⁶³ Vgl. ders.: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik*, S. 101.

⁸⁶⁴ Ebenda.

⁸⁶⁵ Ebenda, S. 102.

⁸⁶⁶ Ebenda, S. 50.

Dazu gehörten, neben dem Instrument selbst, zwei Mischverstärker, zwei Lautsprecher, zwei Tonbandgeräte und eine Hallplatte, die miteinander verbunden waren.⁸⁶⁷

»Das MTR [Anm.: Mixtur-Trautonium] ist über den Mischverstärker V₁ an den Schallstrahler S₁ über Schaltweg 1 direkt angeschlossen. Über Schaltweg 2 ist es an die Hallplatte und ebenfalls an V₁ angeschlossen. [...] An V₁ sind über die Schaltwege 3 und 4 die Magnetophone M₁ und M₂ angeschlossen. Sobald Aufnahme geschaltet wird, nehmen sie die elektrischen Schwingungen auf Band auf, die gleichzeitig S₁ erregen. Über die Schaltwege 5 und 6 sind die Wiedergabeverstärker der Magnetophone M₁ und M₂ an V₁ anschlossen.«⁸⁶⁸

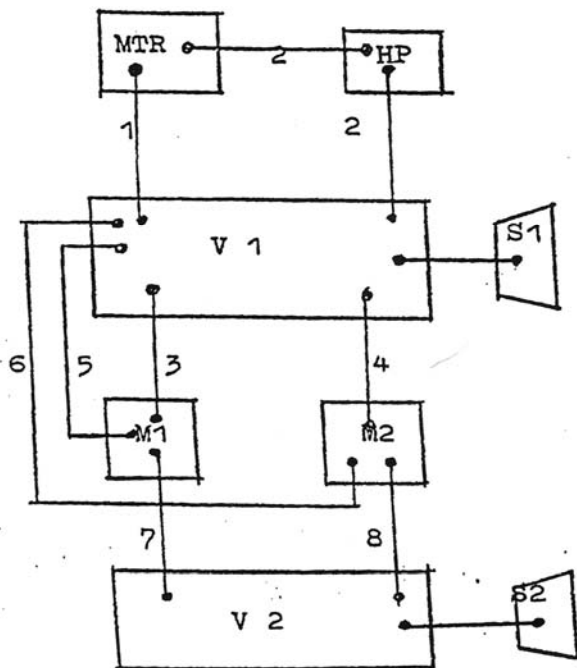


Abb. III-24: Schaltplan des Studios um das Mixtur-Trautonium von Oskar Sala. In dieser Darstellung verwendet er keinerlei Mikrophone mehr. Die Abbildung ist entnommen aus Salas Beitrag *Mixtur-Trautonium und Studio-Technik*, in: *Gravesaner Blätter* 23.

Die Doppelung der Geräte begründet sich durch die daraus resultierenden Möglichkeiten zur sukzessiven Aufnahme einer praktisch unbegrenzten Zahl von Tonspuren. Dabei konnte eine erste Aufnahme auch lediglich abgespielt werden, während am Instrument dazu gespielt bzw. improvisiert wurde, ohne dass gleich eine weitere Aufnahme erfolgen musste.⁸⁶⁹ Somit konnten durch den geübten Spieler die neu hinzukommenden Klänge exakt synchron gespielt, bzw. nach Zuschaltung des zweiten Tonbandes, aufgenommen werden.

⁸⁶⁷ Ders.: *Mixtur-Trautonium und Studio-Technik*, S. 43 ff.

⁸⁶⁸ Ebenda, S. 43.

⁸⁶⁹ Vgl. ebenda. Der Aspekt des Improvisierens wurde von Sala bereits in seinem früheren Artikel geäußert. Vgl. ders.: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik*, S. 100.

»Für mehrkanalige Aufnahmen ist ein zweiter Verstärker V_2 mit Schallstrahler S_2 vorgesehen. Nach der Aufnahme des ersten Systems über 1, 2, V_1 , S_1 , M_1 wird es über 7, V_2 , S_2 zugespielt (Wege 3 und 5 sind nicht geschaltet). Synchron zum System 1 und im Normpegel für S_1 und S_2 wird System 2 auf dem MTR gespielt und auf M_2 über 1, 2, V_1 , S_1 , 4 aufgenommen.«⁸⁷⁰

Mit dieser Anordnung war Sala in der Lage, komplexe Tonbänder zu produzieren, die in zahlreichen Rundfunk- und Filmprojekten Verwendung fanden. Zusätzliche Tonbänder für unterschiedliche Bandgeschwindigkeiten sowie ein Bild- und Tonschneidetisch ermöglichten eine rasche Überspielung aufgenommener Klänge auf Magnetfilm.⁸⁷¹ Die Struktur des Tonstudios sowie die Verfügbarkeit der weiteren Geräte ermöglichten es Oskar Sala, ohne den Aufwand zusätzlichen Personals, oder speziell vorbereiteter Filmbänder, in einfacher und effizienter Weise eine Ton-Bild-Synchronität zu gewährleisten.⁸⁷²

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der *Gravesaner Blätter* konnte er bereits auf zahlreiche Arbeiten für Rundfunk und Film zurückblicken, darunter die Musik zu den Industriefilmen *Stahl – Thema mit Variationen* (1960), *Aluminium – Portrait eines Metalles* (1958) sowie zu mehreren Produktionen der Gesellschaft für bildende Filme. Darunter ist auch die Dokumentation *Verlorene Freiheit* (1956) über Vogelschutz und bedrohte Singvogelarten in Deutschland. Der Regisseur Willy Zielke berichtet 1956 in einem Brief an Oskar Sala über die erfolgreiche Uraufführung:

»Da sagte ich: ›Die Musik ist so grossartig, sie ist noch viel besser als der Film!‹ Sie hätten es erleben sollen, was dieser Satz für einen Sturm in den Reihen der Zuschauer auslöste! Aus der drückenden Stille, stieb wie eine Woge der Meeresbrandung die Vielstimmigkeit empor. Alle sprachen zugleich, alle gaben ihrer Begeisterung freien Lauf. [...] Es ist toll, was Sie da geleistet haben! [...] P.S. Die Theaterkopie war grossartig ›gezogen‹ - wie ein Rembrandt-Gemälde! Alle Ton-Übergänge & Feinheiten kamen ohne Verzerrung!«⁸⁷³

Filmmusikkompositionen waren jedoch weder das einzige, noch das erste Betätigungsfeld, auf dem Oskar Sala nach dem Krieg mit großem Erfolg aktiv wurde, auch

⁸⁷⁰ Ders.: *Mixtur-Trautonium und Studio-Technik*, S. 44.

⁸⁷¹ Vgl. ebenda, S. 50.

⁸⁷² Vgl. ebenda, S. 45.

⁸⁷³ Willy Zielke in einem Brief an Oskar Sala vom 21. März 1956. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12389, fol. 1956/433a–d.

wenn der Großteil seines Œuvres Film-Musik werden sollte. Erste Hinweise auf Arbeiten im Rundfunk stammen aus dem Brief Oskar Salas an Paul Hindemith. »Mein augenblickliches Tätigkeitsfeld ist wieder der Rundfunk. Denn Konzertreisen sind wegen der schwierigen Transportlage und der verschlossenen Zonengrenzen jetzt noch unmöglich.«⁸⁷⁴ Zusätzlich verweist er noch auf Pläne, das Trautonium als Unterrichtsfach an der Musikhochschule in Weimar einzuführen, die Rundfunkstation, an der er zunächst tätig war, war der Landessender des MDR in Weimar.⁸⁷⁵ Sowohl an der Musikhochschule, als auch im Landessender arbeitete Sala eng zusammen mit Siegfried Goslich, der als Dozent an der Hochschule für Musik in Weimar tätig war. Darüber hinaus war er als Leiter der Musikabteilung an dem Wiederaufbau des Landessenders nach Kriegsende beteiligt.⁸⁷⁶ Salas Übersiedelung nach Berlin ist bereits um das Jahr 1949 anzusetzen, da die Bescheinigung über seine Kontoeröffnung bei der Stadtparkasse Berlin vom 14. April desselben Jahres, als Adresse Hektorstr. 4, Berlin-Halensee, nennt.⁸⁷⁷ Bereits 1952 hatte Harald Genzmer abermals ein zweites großes Werk, das *Konzert für Mixtur-Trautonium und Orchester*, für Oskar Sala komponiert, mit dem er zahlreiche Auftritte und Präsentationen vor Laien- wie Expertenpublikum absolvierte.⁸⁷⁸ Diese wenigen Beispiele deuten bereits die Vielfalt der Tätigkeiten Oskar Salas an, mit denen er versuchte, das Trautonium in den wiederaufblühenden Kulturbetrieb der Nachkriegszeit einzubinden.

Exkurs IV: Oskar Sala und Friedrich Trautwein

Im Zuge der Wiederaufnahme seiner Arbeiten an und mit dem Trautonium nach 1945 knüpfte Sala zahlreiche seiner Kontakte neu. Dabei nahm er auch die Verbindung zu Friedrich Trautwein wieder auf, was durch den Briefwechsel, erhalten in Salas Nach-

⁸⁷⁴ Brief Oskar Salas an Paul Hindemith vom 25. Januar 1947. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 3543, unfoliiert.

⁸⁷⁵ Ebenda.

⁸⁷⁶ Brief Siegfried Goslichs an Oskar Sala vom 30. Dezember 1945. Deutsches Museum, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12364, unfoliiert. Darüber hinaus vgl. Alfred G. Goodman/Pamela M. Potter: Art. *Goslich, Siegfried*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians*¹⁰, London ²2001, S. 167.

⁸⁷⁷ Vgl. erhaltener Beleg über die Eröffnung des Kontos. Deutsches Museum, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12365, fol. 1949-51/207a und b.

⁸⁷⁸ Vgl. Peter Donhauser: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 228 f.

lass, belegt wird. Nachdem ihre Zusammenarbeit, wie bereits erwähnt, um 1937 vorübergehend beendet war, kam es zunächst zu einer freundlich gestimmten Annäherung, die allerdings rasch in Diskussionen über Patentrechte mündete. In ihrem Briefwechsel kamen beide rasch überein, die Weiterführung bestehender Vereinbarungen wieder aufzunehmen. Trautwein verweist dabei in seinem Brief vom 29. Mai 1948 auf einen zehn Jahre vorher erfolgten Briefwechsel, der maßgeblich gewesen sei für das Zustandekommen dieser Vereinbarungen.⁸⁷⁹ An dieser Stelle unternahm Trautwein noch den Versuch, eine gemeinsame Arbeit mit gemeinsamer Verwertung von Patenten beider Seiten zu erreichen. Bedenkt man die Konstruktionsarbeiten und Entwicklungen Salas am Rundfunk- und Konzert-Trautonium, so erscheint Trautweins Formulierungen jedoch als ungeschickt, da sie den Eindruck erwecken, dass er am Potenzial des gegenwärtigen Entwicklungsstandes des Instrumentes wieder teilhaben wollte. »Bei unseren Vereinbarungen handelt es sich ja auch gar nicht um formal gültige [sic] Schutzrechte, sondern wir haben uns gegenseitig Austausch und Mitbenutzung unserer Ideen, Konstruktionen und Erfahrungen auf dem Trautoniumgebiet zugesagt, unabhängig davon ob diese Gegenstand von Schutzrechten sind oder nicht.«⁸⁸⁰ Auf der anderen Seite stellt sich aber die Frage, inwieweit Salas Weiterentwicklungen nicht tatsächlich eine Beteiligung Trautweins zur Folge haben müssten, da grundsätzliche Konstruktionsprinzipien beibehalten wurden, besonders die Tonerzeugung und die elektrotechnische Umsetzung der subtraktiven Klangsynthese. Daraus resultierte ein erneutes Zerwürfnis beider, dessen Anfänge darin liegen, dass Friedrich Trautwein als Referent zu den Kranichsteiner Musiktagen 1951 eingeladen wurde. Daraufhin wandte Sala sich an Werner Meyer-Eppler mit der Beschwerde, dass seine Erfindungen und Entwicklungsarbeiten am Trautonium nicht durch Trautwein benannt wurden. Er bat um die Betonung seiner technischen und künstlerischen Errungenschaften, da Trautwein diese völlig verschwiegen hätte.

»Ich bin zu dieser scharfen Stellungnahme leider durch die Art und Weise gezwungen, in der Herr Prof. Trautwein neustens meine Arbeiten entweder ganz verschweigt [...] oder aber als seine eigenen Ideen und sogar Konstruktionen ausgibt, obgleich er seit mehr als 15 Jahren nicht mehr mit

⁸⁷⁹ Vgl. Brief Trautweins an Sala vom 29. Mai 1948. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12364, fol. 1948/017a–d.

⁸⁸⁰ Ebenda.

einer eigenen, in der Öffentlichkeit bekannt gewordenen Instrumentalkonstruktion hervorgetreten ist.«⁸⁸¹

Sicherlich sind Salas Behauptungen gerechtfertigt, interessanterweise bleibt das entscheidende Argument, die Laufzeit von auf Trautweins Namen zugelassenen Patentansprüchen, ungenannt. In den folgenden Monaten zog Sala seine Tonbänder zurück, die er zu Demonstrationszwecken zur Verfügung gestellt hatte und brachte seine Hoffnung zum Ausdruck, mit seiner »...geplanten Neukonstruktion [...] die konzertante Verwendung der Mixturmöglichkeiten äußerst voranzubringen.«⁸⁸² Damit verweist er den heutigen Leser auf die Tatsache, dass sein Mixtur-Trautonium zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig fertiggestellt war. Es könnte allerdings weniger die tatsächliche Konstruktion des Instrumentes gemeint sein, als vielmehr seine erst zu Beginn des folgenden Jahres zur Anmeldung gebrachte Entwicklung, die wiederum erst 1954 unter der Patentnummer DE 917470 mit der Bezeichnung »Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente« erteilt wurde. Aufgrund der bis zu diesem Datum ungeklärten Patent- und Verwertungsrechtsansprüche spitzte sich die Auseinandersetzung Salas und Trautweins zu und wurde zu guter Letzt auf den Schultern der Rundfunkanstalten, statt in direktem Kontakt, ausgetragen. Dabei verhinderte Trautwein nach der Uraufführung des *Konzertes für Mixtur-Trautonium und Orchester* Harald Genzmers in Baden-Baden weitere Aufführungen, indem er den Sendern mit Schadensersatzforderungen drohte, wie aus einem Brief Heinrich Strobels an Sala hervorgeht.⁸⁸³ Diese Drohung hätte ein rasches Ende, nicht nur der Zusammenarbeit Salas mit Rundfunksendern, sondern auch von Aufführungen der neuen Komposition für das Mixtur-Trautonium bedeuten können. Erst durch das Erstellen eines von beiden Seiten unterzeichneten Einigungsschreibens, das durch deren Anwälte abgestimmt wurde, konnte eine weitere Auseinandersetzung beigelegt und eine Wiederaufnahme des Genzmer-Konzertes in das Rundfunkprogramm gewährleistet werden. Sala berichtete an den Dirigenten der Uraufführung, Hans Rosbaud, dass nun

⁸⁸¹ Brief Oskar Salas an Werner Meyer Epplers vom 2. Oktober 1951. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12364, fol. 1951/E020.

⁸⁸² Brief Oskar Salas an Werner Meyer Epplers vom 8. November 1951. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12371, fol. 1952/154.

⁸⁸³ Brief Heinrich Strobels an Oskar Sala vom 2. März 1953. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12378, fol. 1953/194 a und b.

»...die unerfreulichen und sehr bedauerlichen Begleiterscheinungen, die sich an die Uraufführung in Baden-Baden angeschlossen hatten, inzwischen endgültig und vollständig intern bereinigt worden sind. Sämtliche deutschen Rundfunksender sind inzwischen im Besitze einer von Prof. Trautwein und mir unterzeichneten Erklärung, wonach alle in dieser Sache gemachten Eingaben zurückgezogen, und zwar unwiderruflich zurückgezogen worden sind. Herr Genzmer ist überdies im Besitze eines Handschreibens von Herrn Prof. Trautwein, wonach er über das Instrument in seinen Werken in jedweder Form frei verfügen kann.«⁸⁸⁴

Die Unterzeichnung des Einigungsschreibens konnte nur durch das Zusammenwirken von mehreren Interessensparteien bewirkt werden. So war zunächst Harald Genzmer neben Oskar Sala daran interessiert, dass sein Werk wieder aufgeführt werden konnte und trat diesbezüglich mit Sala in Kontakt, um eine Absprache über seine Antworten an Trautweins zu treffen, mit dem Ziel, ihn zu einer Einigung mit Sala zu bewegen.⁸⁸⁵ Interessanterweise sind in diesem Einigungsschreiben keine Patentansprüche zwischen Sala und Trautwein für die Zukunft geklärt oder beigelegt. Der Inhalt des Schreibens bezieht sich in der Tat lediglich auf das Problem beiderseitiger Ansprüche gegenüber bislang erfolgter Arbeiten des jeweils Anderen und gegenüber Arbeiten mit Rundfunkanstalten, was zu dem damaligen Zeitpunkt allerdings eines der wichtigsten Arbeitsfelder Oskar Salas war. So ist es auch nicht verwunderlich, dass die Unterzeichnung des Einigungsschreibens auf Betreiben Siegfried Goslichs zustande kam, der zu diesem Zeitpunkt bereits bei Radio Bremen tätig und nach 1945 einer der ersten und langjährigen Arbeitskollegen und Förderer Salas war.

»Bremen, den 16.2.1953

Die Unterzeichneten

Oscar [sic] Sala, Berlin-Charlottenburg, Leistikowstr. 5 und
Prof. Dr. Ing. Friedrich Trautwein, Düsseldorf-Oberkassel,
Brend'amourstr. 38

erklären hiermit durch ihre Unterschriften,
dass sie alle gegenseitigen Patent- und Priori-
tätsansprüche auf dem Gebiete der elektrischen
Musikinstrumente unter sich ausgeglichen haben

⁸⁸⁴ Brief Oskar Salas an Hans Rosbaud vom 2. März 1953. Brief Heinrich Strobels an Oskar Sala vom 2. März 1953. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12378, fol. 1953/184.

⁸⁸⁵ Vgl. den Briefwechsel zwischen Oskar Sala und Harald Genzmer im Februar 1953. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12376, fol. 1953/045 a und b. Sowie fol. 1953/043 a und b.

und dass von ihnen keinerlei Ansprüche aus gewerblichen Schutzrechten (Patenten, Gebrauchsmuster, Warenzeichen) gegen Rundfunkanstalten gestellt werden.

Diese Erklärung ist unwiderruflich.

Alle in der rückliegenden Zeit in dieser Angelegenheit an Rundfunkanstalten gerichteten Vorstellungen werden damit gegenstandslos.

.....SIG. Sala.....

.....SIG. Trautwein.....⁸⁸⁶

Die beiderseitige Einigung hatte eine rasche Kontaktaufnahme und in den folgenden drei Jahren eine enge Zusammenarbeit Oskar Salas und Friedrich Trautweins zur Folge, deren respektvoller und freundschaftlicher Ton durch den umfangreichen, erhaltenen Briefwechsel zwischen ihnen belegt ist. Die Unterzeichnung der Einigungserklärung zeigt darüber hinaus die Bemühungen Salas und Trautweins, ihre bisherigen Leistungen und Arbeiten aufrecht und künstlerisch am Leben zu erhalten und fortzuführen. Dabei nutzte Trautwein unter anderem seine zunächst guten Kontakte, sowohl zu Werner Meyer-Eppler, wie auch zu Herbert Eimert und besonders zu Robert Beyer, um das Trautonium und Oskar Sala in Kontakt mit dem Personenkreis und den Arbeiten des *Kölner Studios* für elektronische Musik zu bringen.⁸⁸⁷

⁸⁸⁶ Übertragung des Einigungsschreibens aus dem Nachlass Oskar Salas. Deutschen Museums, Archiv, NL218, Vorl. Nr. 12383, fol. 1954/375.

⁸⁸⁷ Vgl. hierzu auch Elena Ungeheuer: *Wie die elektronische Musik ›erfunden‹ wurde... Quellenstudien zu Meyer-Epplers Entwurf zwischen 1949 und 1953* (= Kölner Schriften zur neuen Musik 2), Mainz 1992.

7. Zusammenfassung

Die Entwicklungsgeschichte des Trautoniums, die sich über etwa ein viertel Jahrhundert erstreckte, stellt sich als überaus vielfältig dar, indem das Instrument hinsichtlich seiner musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten stets erweitert wurde. Vergleichsweise vielfältig waren nur noch die Entwicklungen Jörg Magers, der von 1921 bis 1939 verschiedene Modelle konstruierte, vom Omnitonium zum Elektrophon, vom Kurbelsphärophon zum Partiturophon, um nur diese Beispiele zu nennen.⁸⁸⁸ Das Trautonium allerdings konnte für die damalige Zeit unter ungewöhnlich günstigen Bedingungen entwickelt werden. Durch die Einstellung Friedrich Trautweins an der Rundfunkversuchsstelle wurden seine Ideen gleichsam in die Rundfunkversuchsstelle der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg versetzt. Georg Schünemann gebührt dabei das doppelte Lob, sowohl für die hochschul-politische Vorarbeit zur Einrichtung der Versuchsstelle, als auch bei der besonderen Unterstützung elektroakustischer Instrumentalkonstruktionen. Er schuf das Forschungsumfeld mitsamt den dazugehörigen institutionellen Infrastrukturen und Verbindungen zu weiteren forschenden und industriellen Betrieben. Dem Trautonium kam so in der wichtigen Phase der Konzeption als vielfältig einsetzbares Musikinstrument nicht nur finanzielle und materielle Förderung zugute. Es sollten zwei Personen aus der Hochschule selbst sein, die in der Rundfunkversuchsstelle mit dem Instrument in Verbindung kamen und für dessen Zukunft von besonderer Bedeutung wurden. Das Interesse des jungen Kompositionsprofessors Paul Hindemith für das neue Instrument beeinflusste möglicherweise dessen Manualgestaltung, sicherlich jedoch verhalfen seine Kompositionen dem Trautonium zu vermehrter Aufmerksamkeit bei dessen ersten Präsentationen ab 1930. Durch ihn kam auch der junge Oskar Sala mit dem Instrument und mit Friedrich Trautwein in Verbindung. Als Student Hindemiths und Mitarbeiter Trautweins begleitete er von Beginn an die Entwicklungen, sowohl als Interpret, wie als elektrotechnischer Konstrukteur.

Die grundsätzliche Konzeption des ›elektrotechnischen Gerätes‹ Trautonium als Musikinstrument zeichnet sich zu Beginn der Entwicklungen in der Rundfunkversuchs-

⁸⁸⁸ Vgl. hierzu die Nennung von Magers Konstruktionen in der Übersicht von Curtis Roads: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, S. 20–23.

stelle als forschende Abwägung unterschiedlicher Potenziale auf drei Interaktionsebenen ab, bis es zu einem ersten, in Serie gefertigten Modelles, dem Telefunk-Trautonium, kam. Im Kontext elektroakustischer Instrumentalkonstruktionen waren neuartige oder gar ausgefallene Gestaltungen der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Interpret und Instrument nichts ungewöhnliches, wie besonders das Theremin, aber auch das Kurbelsphärophon zeigen. Somit war die Wahl der Manualgestaltung als horizontal gespannte Saite im Kontext damaliger Entwicklungsbestrebungen nicht außergewöhnlich, besonders da mehrere musikalische Aspekte auf ökonomische Weise auf einer primären Interaktionsebene vereint werden konnten. Die Verwendung von Pedalen, zunächst zur stufenlosen Lautstärkengestaltung, später dann zur Umstellung des Manualambitus sowie der Klangfarben, erschloss dem Interpreten die zweite Interaktionsebene, die ab der Vorgängerversion des Rundfunk-Trautonium, dem erweiterten Telefunk-Trautonium, an Bedeutung zunehmen sollte. Die dritte Interaktionsebene stellten die Drehschalter zur Stimmung des Manuals sowie zur Einstellung der Klangfarben dar. Auch sie erfuhr, zugleich mit der Ebene der Pedale, Erweiterungen ihrer Funktionen. Neben den Interaktionsebenen war für das Trautonium bereits von Beginn an die elektrotechnische Umsetzung der Klangfarbengestaltung ein herausragendes Charakteristikum. Die Realisierung der subtraktiven Synthese durch relativ einfache technologische Hilfsmittel bescherte dem Instrument besondere Aufmerksamkeit und eröffnete ihm gleichzeitig ungekannte Möglichkeiten der Verwendung. Aus der Perspektive des Interpreten war die einfache Einstellung der Klangfarben ebenso von Bedeutung, da sie dem Trautonium gegenüber den meisten elektroakustischen Instrumenten eine klangliche Gewandtheit verlieh. Somit war die Anpreisung des Telefunk-Trautoniums als Surrogat herkömmlicher Instrumente ermöglicht, wie sie in der *Trautonium-Schule* sowie durch die zahlreichen Auftritte Oskar Salas mit Bearbeitungen herkömmlicher Werke für Trautonium und Begleitung belegt ist.

Nach der Trennung Trautweins und Salas erfuhr das Trautonium nach einer kurzen Phase des Interessenrückganges einen erneuten Entwicklungsschub. Dabei vertiefte Sala in seinem Rundfunk-Trautonium die Komplexität der drei Interaktionsebenen, indem er ein zweites Manual und die damit verbundenen Bedienungs- und Schaltelemente hinzufügte. Aber auch die elektrotechnische Klanggestaltung machte er, durch

die Erweiterung der Stimmenanzahl und die Verfeinerung der Klangfarbengestaltung durch die Pedale raffinierter beeinflussbar. Ab diesem Trautonium-Modell nimmt Sala die für ihn weiterhin charakteristisch bleibende vielseitige Rolle ein, in der er sowohl als Interpret, Instrumentenkonstrukteur, als auch Komponist und Impresario fungierte. Diese zahlreichen Aufgaben, vereint in einer Person, lassen ihn und damit auch das Trautonium zumindest im Kontext elektroakustischer Instrumente als Einzelpersone aufzutreten. Sicherlich kann Lev Termen auf den ersten Blick ein ähnlicher Status zugeschrieben werden, die Rolle eines Komponisten nimmt er jedoch nicht ein, ebenso unterbinden die musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten des Theremins ein virtuoseres Spiel, wie es auf dem Trautonium von Beginn an möglich war. Zuletzt muss die technische Komplexität des Trautoniums gegenüber dem zehn Jahre früher entstandenen Theremin betont werden, die Sala nicht nur beherrschte, sondern auch über die Jahre hinweg enorm erweitern konnte. In seiner Rolle als Impresario war ihm sein Studium durch die daraus resultierenden Kontakte zu jungen Komponisten sowie zu Mitarbeitern des Rundfunks besonders dienlich. Besonders in Harald Genzmer fand er nach Paul Hindemith einen weiteren Komponisten, der große Werke für das Trautonium schuf. Mit seinen Verbindungen zum Rundfunk konnte er dort zahlreiche Auftritte erwirken bzw. durchführen und dem Instrument, was nun in der Tat zu ›seinem‹ Instrument geworden war, wachsende Aufmerksamkeit verschaffen. Daraus resultierte schließlich das Bedürfnis zur Konstruktion des Konzert-Trautoniums, womit er in Deutschland und den während des Krieges besetzten Gebieten zahlreiche Auftritte absolvieren konnte. Die Informationsquellen über neue technologische und gestalterische Entwicklungen bezüglich der unterschiedlichen Trautonium-Modelle werden besonders für Oskar Salas eigenständige Arbeit ab 1937 recht übersichtlich. Dies liegt sicherlich zum einen daran, dass nun nicht mehr ein Verband unterschiedlicher Personen und Berufsgruppen das Trautonium in seiner Entwicklung betreute, sondern Oskar Sala alleiniger Begleiter des Instrumentes, sowohl in technisch entwickelnder als auch in künstlerischer und vermarktender Hinsicht, wurde. Zum anderen ist der Rückgang an Publikationen sicherlich auch als Folge der politischen Umwälzungen von 1933 anzunehmen. Das zurückgehende Interesse an elektrotechnischen Neuerungen auf dem Gebiet des Musikinstrumentenbaus sowie der zunehmenden Einschränkung kulturellen Schaffens war eine der vielfältigen Fol-

gen. Aus dieser spärlichen, sich auf Publikationen aus Salas Hand beschränkenden Quellenlage heraus, können dennoch zahlreiche Erweiterungen der bis zum Telefon-Trautonium entwickelten Interaktionsebenen sowie der elektrotechnischen Klangfarbengestaltung nachvollzogen werden. Als eine musikalische Gestaltungsmöglichkeit sind die subharmonischen Zusatztöne zu betrachten, die weitere Bedienungsfelder zur Folge hatten, deren Schalter und Drehknöpfe auf der dritten Interaktionsebene neben den Stimmungs- und Klangfarbenshaltern angesiedelt wurde. Durch die Erweiterung der Möglichkeit zu einer Voreinstellung von bis zu drei subharmonischen Zusatztönen je Manual, führte Sala die Spieltechnik bis zum Mixtur-Trautonium zu einer engen Verknüpfung zwischen Pedalbedienung und Klangfarbengestaltung. Die größte Innovation bezüglich des Mixtur-Trautoniums erfolgte jedoch durch die Hinzufügung von Zusatzgeräten in modularer Bauweise. Damit erweitert Sala das Instrument um Vorrichtungen, die es ermöglichten, neben den herkömmlichen Parametern der Tondauer und -höhe, Dynamik sowie Klangfarbengestaltung, auch die Ebene des Geräuschhaften mit in die musikalische Gestaltung einzubeziehen. Er griff damit Tendenzen auf, die bedeutsam für musikalische Gestaltung im 20. Jahrhundert sein sollten. Signifikant dafür ist beispielsweise neben Strawinskjis Konzeption des Schlagwerks in *Sacre de Printemps* oder auch in der *Geschichte vom Soldaten*, besonders das Werk Edgard Varèses der 1920er und 1930er Jahre. Nach 1945 wird die Ebene der Geräusche in den Arbeiten des Pariser Studios und dem Genre der *musique concrète*, aber auch in den Arbeiten der des *Kölner Studios* und deren Elektronischen Musik, aufgenommen und konstituierend für die klangliche Gestaltung, wie auch zahlreiche Werke John Cages und Harry Partchs sowie Vladimir Ussachevskis belegen.⁸⁸⁹ Indem Sala ab den 1950er Jahren nach und nach die Erweiterungen des Mixtur-Trautoniums nicht allein durch das elektrische Schlagwerk, sondern bis 1958 auch durch die Zwischenschaltung von Mischpulten, der Möglichkeit einer Zuschaltung von mehreren Tonbändern und Lautsprechern durchführte, konnte er sein eigenes Tonstudio begründen. Dienten ihm bis 1958 vor allem seine

⁸⁸⁹ Vgl. besonders das zweite Kapitel *The Great Opening up of Music to all Sounds* in Joel Chadabe: *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*, S. 21–62. Darin wird jedoch Oskar Sala sowie die weiteren elektroakustischen Instrumentenkonstruktionen der Zeit zwischen den Weltkriegen nicht erwähnt. Diese Betrachtung ist auf die Entstehung der unterschiedlichen Genres elektroakustischer Musik ausgerichtet.

Kontakte zu Mitarbeitern verschiedener Rundfunksender für die Realisierung seiner Kompositionen, indem er Studioräume der Sender benutzen durfte, so konnte er sich mit seinem eigenen Studio im Hause Mars-Film, Berlin-Ruhleben, freischaffend betätigen. Durch die Ausstattung seines Studios konnte Sala, in Verbindung mit der Tatsache, dass er als Interpret eigener Kompositionen stets am Instrument spielte oder improvisierte, eine ökonomische Produktionsweise, vornehmlich von Film-Musik gewährleisten. Dabei kam ihm seine frühere Rolle als Interpret – Auftritte Salas sollten nach 1958 kaum noch erfolgen – in doppelter Hinsicht zugute. Durch seine meisterhafte Beherrschung des Trautoniums konnte er auch ausgefallene Klangvorstellungen rasch realisieren. Zudem konnte er sich, unter Verwendung der Tonbänder, selbst begleiten und somit die Aufnahmen sukzessive mit weiteren Klängen anreichern. Da diese Vorgänge mit tatsächlich gespielten, nicht jeweils extra aufgenommenen musikalischen Teilen zusammengestellt wurden, konnte eine Synchronisation der einzelnen Teile zueinander während der Zuspieldung durch den Interpreten gewährt werden. Zudem war die Synchronisierung von Klang und Bild durch die Ausstattung des Studios sowie der Zuspieldung durch einen Interpreten in ökonomischer Weise möglich. Die gesamte Entwicklungsgeschichte des Trautoniums zeichnet sich durch steten Wandel aus. Es waren sowohl Aspekte der Instrumentenkonstruktion, die unter dem Wandel der Entwicklungsgeschichte hervorgehoben wurden. Hinzu kommt noch die Ebene des Kontextes, innerhalb dessen das Trautonium musikalisch eingesetzt werden sollte. Dieser wandelte sich ebenfalls stark von einem Kontext der Hausmusik sowie solistischem Einsatz mit Begleitung. Dabei war ihm zunächst die Funktion eines Surrogats zugewiesen, ähnlich dem Harmonium. Einen Ersatz für Orgelinstrumente konnte die zunächst kleine, einstimmige Konstruktion des Telefunken-Trautoniums nicht leisten. Mit den Erweiterungen Salas, verschob sich der Kontext hin zur Rundfunkproduktion, wobei die Surrogatfunktion noch beibehalten, gleichsam um institutionelle Einbindung in den Rundfunkbetrieb, erweitert wurde. Abermals erfuhr das Instrument, um den Aspekt des öffentlichen Auftritts, eine Kontexterweiterung durch die Komposition Harald Genzmers und der Weiterentwicklung zum Konzert-Trautonium durch Oskar Sala. Nach 1945 allerdings verschob sich der Schwerpunkt der Anwendung nach und nach auf die Arbeit im Studio für eine zunehmende Zahl von Film-Musiken, wobei öffentliche Auftritte rasch, sowie Rund-

funk-Produktionen allmählich abnahmen. Diese letzte Kontextverschiebung konnte nur durch die Einbettung des Instrumentes in die Studioteknik sowie einer Beherrschung der zahlreichen Gerätschaften, vollzogen werden. Im Schaffen Oskar Salas gewann neben den tatsächlichen künstlerischen Betätigungen der Komposition, Interpretation und Improvisation, die fließend in die Betätigung des Produzenten im Studio übergang, die Betätigung als Impresario, als Agent zur Beschaffung neuer Aufträge und Vermarktung seiner Werke zunehmend an Bedeutung.

Nach gut zwei Jahrzehnten erregte Sala mit seinem Mixtur-Trautonium durch seinen Auftritt an der Universität der Künste anlässlich der Ausstellung ›Für Augen und Ohren‹ die Aufmerksamkeit von Hans-Jörg Borowicz, Dietmar Rudolph und Helmut Zahn, die allesamt Professoren der Fachhochschule der Bundespost Berlin waren. Unter ihrer Anleitung entstand ein Projekt zum digitalen Nachbau des Instrumentes, der schließlich als ›Mixtur-Trautonium nach Oskar Sala‹, das auf der Funkausstellung Berlin im Jahre 1983 von Sala selbst der Öffentlichkeit präsentiert wurde. Durch dieses Instrument war es ihm abermals ermöglicht, Reisen zu unternehmen und sich wieder im Bewusstsein der Öffentlichkeit zu verankern. Ab 1988 wurde es ihm zudem in seinem Studio dauerhaft zur Verfügung gestellt. Mit diesem ersten Nachbau wurde gleichsam der Anstoß für die in den 1980er Jahren aufblühende Sala-Rezeption gegeben.⁸⁹⁰

⁸⁹⁰ Vgl. zu weiteren Ausführungen über das ›Mixtur-Trautonium nach Oskar Sala‹ den Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds des Deutschen Museums München: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/trautonium/mixturtrautonium-nach-oskar-sala/>. Darüber hinaus die Dokumentation des Projektes: <http://www.mixtur-trautonium.de/>. Beide zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. An dieser Stelle sei Frau Prof. Conny Restle für das wertvolle Gespräch und die Möglichkeit zur Betrachtung des Nachbaus, der sich heute in der Dauerausstellung des Musikinstrumenten-Museum Berlin befindet, gedankt.



Abb. III-25: Das Mixtur-Trautonium nach Oskar Sala, das in einem Projekt von Hans-Jörg Borowicz, Dietmar Rudolph und Helmut Zahn an der Fachhochschule der Bundespost Berlin nach dem Vorbild von Salas Mixtur-Trautonium konstruiert wurde. Es befindet sich heute im Musikinstrumenten-Museum Berlin. Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Kat.-Nr. 5834.

IV. Schlussbemerkung

Die Betrachtung des Trautoniums als ein Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente eröffnete für die vorliegende Untersuchung eine Vielzahl unterschiedlichster Interessensfelder, die über die Disziplin der Musikwissenschaft hinausreichen. Durch die Fokussierung auf Aspekte der technologischen Entwicklungen mit dem Schwerpunkt auf den Zeitraum von etwa 1880 bis 1930 konnten musikbezogene Entwicklungen aufgezeigt werden, in deren Kontext auch die elektroakustischen und besonders die elektronischen Musikinstrumente entstanden. Durch die Beschreibung von Innovationen und deren Charakterisierung durch Technologietransfer lassen sich diese Instrumente in eine Strömung der zunehmenden Verwissenschaftlichung des Instrumentenbaus und der Gesellschaft einbetten. Die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Trautoniums stellt sich als eine besonders facettenreiche, durch zahlreiche Innovationen vorangetriebene Genese eines elektronischen Musikinstrumentes dar. Im Kontext elektroakustischer Instrumente durchlief kaum ein weiterer Vertreter eine derartige Wandlung verbunden mit so tiefgreifenden Erweiterungen der musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten und elektrotechnischen Konstruktionsweisen. Dieses Charakteristikum verdankt das Trautonium zweifellos dem unermüdlichen Betreiben und vielfältigen Bemühungen Oskar Salas, der es bereits seit der Entwicklungsphase in der Rundfunkversuchsstelle begleitete. Er war zwar nicht der einzige Interpret, allerdings doch derjenige, der sich mit besonderer Aufmerksamkeit und dauerhaft dem Spiel auf dem Trautonium widmete, so dass er, in Zusammenarbeit mit Paul Hindemith, an der *Trautonium Schule* mitarbeiten durfte, die von Friedrich Trautwein 1933 herausgegeben wurde. Bereits zu diesem Zeitpunkt war das Instrument im Vergleich zu weiteren Vertretern elektroakustischer Klangerzeuger hinsichtlich seiner musikalischen Möglichkeiten besonders weit entwickelt. Es konnte nicht nur einen relativ großen Ambitus abdecken und verschiedene Klangfarben hervorbringen. Vornehmlich das Manual als primäre Interaktionsform des Interpreten mit dem Instrument ermöglichte eine bis zu diesem Zeitpunkt unerreichte Artikulation und Agogik. Diese fundamentalen Eigenschaften der Konzeption wurden hinsichtlich ihrer elektrotechnischen Umsetzung bereits von Friedrich Trautwein in der ersten

IV. Schlussbemerkung

Hälfte der 1920er Jahre entwickelt und patentiert. Die weitere Arbeit an der Rundfunkversuchsstelle der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg erfolgte allerdings erst ab 1929, deren Umfeld ein optimales Potenzial bereitete, so dass bereits nach wenigen Jahren die Serienproduktion durch die Firma Telefunken ab 1933 erfolgte, in deren Zuge auch die *Trautonium Schule* entstand. So erscheint das Trautonium, dessen erste öffentliche Vorführung im Juni 1930 erfolgte, als eine späte Entwicklung elektronischer Musikinstrumente, die Grundideen wurden allerdings von Friedrich Trautwein in einem Zeitraum entwickelt, in den ebenfalls die Entstehung der bedeutendsten Vertreter elektronischer Instrumente, wie dem Theremin, dem Ondes Martenot und dem Sphärophon fällt.

Elektronische bzw. elektroakustische Musikinstrumente im Allgemeinen sind ein Phänomen von technologischen Entwicklungen, die sich bereits vor Anbruch des 20. Jahrhunderts Bahn brechen und zunehmend in der Gesellschaft verankern konnten.

Es wurde erstmals möglich, Musik mit technischen Vorrichtungen aufzuzeichnen, zu konservieren und wiederzugeben, wodurch sich Medien als Träger bzw. Mittler verbreiteten und einen neuen Zugang zu, sowie Verfügbarkeit von und über Musik ermöglichten. Es entspann sich eine Wechselwirkung zwischen der neuartigen Verfügbarkeit und ästhetischen Denken über Musik, wodurch akustische Ereignisse zunehmend als Objekte, nicht nur der Forschung, sondern auch des Konsums werden konnten. Die Praxis der Musikaufzeichnung und Vermarktung beförderte Entwicklungen zur Wandlung der Schallwellen durch Mikrophone und Lautsprecher, während die Arten der Medien sich vermehrten und im Rundfunk in Deutschland ab 1923 eine bis dahin ungeahnte Verbreitungsmöglichkeit erreichten. Parallel zu dieser Entwicklung, entstanden ebenfalls die elektronischen Musikinstrumente, die als erste Instrumente keinerlei mechanische Bewegung zur Ton- bzw. Klangerzeugung benötigen. Elektrotechnische Bauelemente und Schaltungen substituieren die Erzeugung von Schwingungen.

Bereits vor der Entstehung der Medien und elektronischer bzw. elektroakustischer Instrumente entfaltete sich im Musikinstrumentenbau des 19. Jahrhunderts eine Form von Innovation durch Technologietransfer. An den damals angefertigten Instrumenten ist heute noch zu erkennen, wie technische Vorrichtungen und technologisches Wissen sich auf ihre Konstruktion und musikalischen Charakteristika auswirken

IV. Schlussbemerkung

konnten, was sowohl durch erweiternde bzw. variierende Innovationen, als auch durch neuartige Konzeptionen von Instrumente erreicht wurde. Dabei fanden neu aufkommende naturwissenschaftliche Disziplinen wie Akustik, Mechanik, gegen Ende des Jahrhunderts auch Elektrotechnik und Physiologie Anwendung im Instrumentenbau. Neben herkömmlichen Instrumenten wurden Innovationen durch Technologietransfer besonders zur Erweiterung mechanischer Musikinstrumente vollzogen, die deren Konservierung und Differenzierung der Wiedergabe betrafen. Die Funktionalitäten der technischen Vorrichtungen hatten sich zuvor in Gebieten der wirtschaftlichen Fertigung bewiesen, bevor sie auf bereits bekannte Instrumentenkonstruktionen übertragen und in ihrem neuen Anwendungskontext weiter entwickelt wurden. Die Entstehung neuer Musikinstrumente erfolgte dabei allerdings nicht unmittelbar. Vielmehr kann aus heutiger Perspektive an mechanischen Instrumenten die Charakteristik der Anwendung neuer Technologien abgelesen werden, womit zunächst Aspekte der Aufgaben und Potenziale des Interpreten substituiert werden konnten. Die Entwicklung der Kommunikationstechnik von der Telegrafie zur Telefonie, die Hand in Hand ging mit der Entwicklung der Elektrotechnik, eröffneten ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Verbindung von mechanischen Musikinstrumenten und Medien. Hinsichtlich ihrer technologisch ermöglichten Eigenschaften der Aufzeichnung und Wiedergabe sowie Übermittlung von Signalen in Form einfacher Frequenzen und schließlich akustischer Ereignisse teilen sie gemeinsame Wurzeln. Die zunehmenden Möglichkeiten der Erzeugung und Wiedergabe unterschiedlicher Klänge und der wissenschaftlichen Forschungen bezüglich ihrer Beschaffenheit rückte deren Erzeugung mit Hilfe neuer Technologien zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses zahlreicher Erfinder und Bastler.

Vor Anbruch des 20. Jahrhunderts strebten europäische Komponisten nicht zuletzt motiviert durch außereuropäische Einflüsse die Überwindung traditioneller ästhetischer Normen in ihrem Schaffen an. Das Interesse an Klangfarben als Gestaltungs- und Ausdrucksmöglichkeit nahm ebenso zu wie das Interesse an der Überwindung des vorherrschenden Skalensystems. Zahlreiche Konstruktionsversuche elektroakustischer Klangerzeugung entstammten dieser Strömung künstlerischen Denkens. Besonders das Bestreben zur Erschließung der Mikrointervallik in Verbindung mit neuen Möglichkeiten der Einflussnahme auf die elektrotechnischen Vorrichtungen zu ihrer

IV. Schlussbemerkung

Erzeugung führte zu neuartigen Interaktionsformen zwischen Interpreten und den Instrumenten. Als ein kulturelles Zentrum liefen in Berlin unterschiedlichste Linien zusammen, die einen optimalen Nährboden schufen auf dem Künstler neue ästhetische Konzepte erproben und Forscher neues Wissen erschließen konnten. Die Einrichtung der Rundfunkversuchsstelle an der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg am Ende der goldenen 20er Jahre kann als eine institutionelle Kristallisierung der vielfältigen Bestrebungen aufgefasst werden. Die Konzeption dieser Institution machte sie zu einem Vorläufer von Rundfunkstudio einerseits sowie physikalisch-akustischem Experimental-Labor andererseits. Arbeiten der Versuchsstelle umfassten neben anderen sowohl die Aufzeichnung, Konservierung, als auch die Wiedergabe und Übertragung von Musik, so dass die Forschung zu elektroakustischer Klangerzeugung und ihrer Potenziale bereits als logische Konsequenz daraus abzuleiten gewesen wäre. Aufgrund der zentralen Stellung der Stadt Berlins bezüglich kultureller und technologischer Neuerungen war sie eine bedeutende Station für Bastler und Ingenieure neuer elektrotechnischer Vorrichtungen, wie Lev Termen und dessen Theremin oder Jörg Mager und dessen Sphärophon. Ihre öffentlichen Vorführungen begründeten ein in der Gesellschaft verankertes Interesse an und eine Faszination für elektroakustische Musikinstrumente, was sich in der ausdrücklichen Formulierung der Rundfunkversuchsstelle widerspiegelt, eine eigene Instrumentenkonstruktion dieser Art zu entwickeln. Das Ergebnis der Zusammenarbeit von Friedrich Trautwein, Paul Hindemith und Oskar Sala als Assistent Trautweins in der Versuchsstelle führte über mehrere Experimentalmodelle schließlich zum Telefunk-Trautonium.

Es unterschied sich bereits in dieser frühen Version von vergleichbaren Konstruktionen durch seine vielfältigen musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten, die sowohl Mikrotonalität als auch den einfach und während des Spiels zu bewerkstellenden Klangfarbenwechsel umfassten. Letztgenannter Aspekt konnte durch die von Trautwein geleistete Transferleistung aus der Elektrotechnik und Physiognomie des menschlichen Stimmapparates auf eine Musikinstrumentenkonstruktion realisiert werden. Zahlreiche Bemühungen zur Verbesserung des Instrumentes erfolgten weiterhin an der Rundfunkversuchsstelle und besonders die Arbeiten Oskar Salas, der sich im Laufe der Zeit als versierter Interpret des Trautoniums bei zahlreichen Demonstrationen und Konzerten etablieren konnte, erweiterten die musikalischen Ge-

IV. Schlussbemerkung

staltungsmöglichkeiten nach und nach, wobei das Rundfunk-Trautonium ein lediglich vorläufiges Ergebnis seiner Arbeiten bleiben sollte. Das wachsende Interesse der Öffentlichkeit ermöglichte ihm, der sich zudem naturwissenschaftlich weitergebildet hatte, schließlich die Konstruktion des transportablen Konzert-Trautoniums. Bereits mit diesen drei Modellen bewies sich das Instrument in unterschiedlichen Kontexten. Das Telefunken-Trautonium wurde in zahlreichen Konzerten vorgestellt und konnte, neben dem eigens dafür komponierten *Concertino* von Hindemith, als Substitut für herkömmliche Instrumente auftreten. Das Rundfunk-Trautonium wiederum war für die Arbeit in Live-Sendungen aus dem Rundfunkstudio konzipiert und Sala konnte zahlreiche Sendungen damit bestreiten. Das Konzert-Trautonium hingegen entstand speziell für solistische Auftritte mit einem von Harald Genzmer neu dafür komponierten *Konzert für Trautonium und Orchester* und darüber hinaus zahlreichen Kammermusikaufführungen. Dabei konnte Sala durchaus aus einem Repertoire von speziell für ihn und sein Instrument komponierten Werken schöpfen. Nach 1945 setzt eine rege Publikations- und Konzerttätigkeit Salas ein, der zahlreiche Verbindungen zu führenden Persönlichkeiten der aufblühenden Musikkultur Deutschlands pflegte. Ebenso begann er abermals, das Instrument zu erweitern, wobei schließlich das Mixtur-Trautonium entstand, das über den herkömmlichen Begriff eines Musikinstrumentes hinaus reichte und das erst zu dem Instrument wurde, als das Sala es überwiegend verwendete, indem er es mit zusätzlichen Modulen zur Klangmanipulation ausstattete. Zudem bettete Sala das neue Instrument nach und nach in eine vollständige Studioausstattung ein, womit er zugleich seinen Arbeitsschwerpunkt von Konzertauftritten, wofür ihm Genzmer das *Konzert für Mixtur-Trautonium und großes Orchester* komponiert hatte, auf die Produktion von Filmmusik und Geräuschkulissen verlagerte. Das Trautonium durchlief, wie kaum ein weiteres elektroakustisches Musikinstrument, durch die Arbeit Trautweins und über einen längeren Zeitraum hin durch Salas Konstruktionen, eine Entwicklungsgeschichte von wachsenden musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten.

Die in dieser Untersuchung ausgeführten Betrachtungen des Trautoniums als einen Vertreter elektroakustischer Musikinstrumente bedurften zunächst der Auslotung der Betrachtungskriterien. Dabei war in einem ersten Schritt die Differenzierung von be-

deutenden Begriffen und bedeutetem Objekt nötig, die einerseits bereits in der musikwissenschaftlichen Forschung etabliert erschienen, andererseits jedoch stets den Bedeutungsschwerpunkt auf die damit erzeugte Musik und weniger auf die Werkzeuge ihrer Erzeugung legten. Technologische Errungenschaften, zunächst noch mechanisch und erst im Verlauf der ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts elektrotechnisch realisiert, durchdrangen die europäische Musikkultur bevor sich Rundfunkstudios und die darin produzierte Musik etablieren konnte, die wiederum zur Begriffsprägung von elektronischer und später elektroakustischer Musik führen sollten. Die begriffliche Auslotung der Bezeichnung konkreter Instrumente führte allerdings lediglich in einem ersten Schritt, an die Erfassung des Trautoniums heran. Im Kontext organologischer Betrachtungen von elektroakustischen Klangerzeugern wurden weitere Kriterien entwickelt, um die Erfassung der Geschichte des Trautoniums als ein Beispiel elektronischer Musikinstrumente nachvollziehen zu können. Durch eine Betrachtung des Technologietransfers im Musikinstrumentenbau des 19. Jahrhunderts wurde das Aufkommen elektroakustischer Musikinstrumente als Tendenzen und Strömungen des Instrumentenbaus um die Wende zum 20. Jahrhundert nachvollziehbar. In mehreren Schritten konnte das Eindringen von Technologien charakterisiert und dargestellt werden. Von der Innovation als Erweiterung oder Variation über die Substitution herkömmlicherweise vom Interpreten geleisteter Aspekte, von der Klangmanipulation bis hin zur tatsächlichen Klangerzeugung führte die wechselvolle Beziehung von technologischer Entwicklung und Instrumentenkonstruktion. In der vorliegenden Untersuchung konnte darüber hinaus ein zusammenfassender Überblick über bedeutende Vertreter elektronischer Musikinstrumente gegeben werden, der bislang wenig beachtete Gemeinsamkeiten aufzeigte. So konnte dargestellt werden, wie grundsätzlich die Interaktionsform zwischen Interpret und Instrument sich gegenüber herkömmlichen Musikinstrumenten gewandelt hat, wofür das Theremin lediglich das bekannteste, Martenots und Magers frühen Konstruktionen weitere Beispiele darstellen. Ebenso verhält es sich mit der Technologie zur Tonerzeugung, wobei sich daraus ein differenzierendes Detail gegenüber dem Trautonium ergibt.

Das Trautonium selbst konnte unter Heranziehung von Archivmaterialien und Publikationen aus der jeweilige Zeit seiner langjährigen Entwicklungsgeschichte umfassend beschrieben werden. Dabei stand zunächst die Leistung Friedrich Trautweins

IV. Schlussbemerkung

hinsichtlich der Konzeption und Entwicklung der Ton- und Klangfarbenerzeugung im Vordergrund. Zudem konnte die Entwicklung des Manuals nachvollzogen werden, womit am Trautonium ein bedeutender Anteil der musikalischen Gestaltungsmöglichkeiten realisiert werden konnte. Soweit aus heutiger Perspektive noch nachvollziehbar wurde versucht, zumindest einige Versuchsmodelle zu identifizieren, die das Bild der ständigen Arbeit an dem Instrument auch nach Beginn der Serienproduktion vervollständigen. Die funktionalen Grundprinzipien wurden in den folgenden Modellen durch Oskar Sala bedeutend erweitert und der wachsenden Komplexität neuer Anwendungskontexte angepasst. Durch seine vielfältige Tätigkeit als Interpret, Impresario, Komponist und Konstrukteur konnte er schließlich das Mixtur-Trautonium als bedeutendes Instrument, vorwiegend zur Komposition und Produktion von Filmmusik und Geräuschkulissen etablieren, die in ihrer Qualität Maßstäbe setzten und mit bedeutenden Preisen ausgezeichnet worden sind.

Die vorliegende Untersuchung konnte allerdings auch einige Aspekte aufzeigen, die in wissenschaftlichen Untersuchungen bisher noch wenig aufgenommen wurden. Bereits in den *Grundlagen* wird die noch lückenhafte Forschungslage zur technischen Entwicklung der Musikmedien, besonders der Phonographen und Grammophone sowie deren Auswirkungen auf den beruflichen Alltag von Musikern und die Gesellschaft im Allgemeinen verdeutlicht. Ebenfalls konnte in der vorliegenden Untersuchung der Wandel im ästhetischen Denken über Musik durch den Einfluss der Medien lediglich angedeutet werden. Darüber hinaus finden sich in der deutschsprachigen musikwissenschaftlichen Forschung bislang nur wenige Arbeiten über den Wandel des Instrumentenbaus im 19. Jahrhundert. Die Problemstellung ist diesbezüglich eine äußerst umfangreiche und komplizierte und kann in einem einzigen Forschungsprojekt möglicherweise nicht gelöst werden.

Die meisten Forschungsfragen, die über die vorliegende Untersuchung hinausführen, ergaben sich aus der Entwicklungs- und Entstehungsgeschichte des Trautoniums. So fehlt bislang eine umfassende Untersuchung über die unterschiedlichen Arbeiten der Rundfunkversuchsstelle und ihrer Auswirkungen, beispielsweise auf das Fachgebiet der Akustik, aber auch auf Musik im Film und Rundfunk. Auch finden sich noch Desiderate einer detaillierten Erforschung der Arbeiten Georg Schünemanns an der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg sowie generelle Untersuchungen über

IV. Schlussbemerkung

Friedrich Trautweins Biographie und Arbeit, die schließlich in die Begründung des Ausbildungsweges des Tonmeisters an der Robert-Schumann-Hochschule in Düsseldorf münden sollte. Bezüglich der Thematik des Trautoniums wäre eine Recherche über den Verbleib von Notenmaterial und Aufnahmen sowohl von Kompositionen, als auch Rundfunkproduktionen von besonderem Interesse. Dass ein Repertoire von extra für das Trautonium komponierter Werke existiert, haben die Recherchen zu der vorliegenden Untersuchung ergeben. Ebenso liegen biographische Details Oskar Salas noch weitgehend im Dunklen. Seine Kontakte zu einflussreichen Persönlichkeiten des kulturellen Lebens machen ihn zu einem Mitgestalter des Wiederaufbaus des musikalischen Lebens im Nachkriegsdeutschland. Die Bestrebungen über die Etablierung seiner Arbeiten in Konkurrenz zu denjenigen des *Kölner Studios* um Herbert Eimert könnten neues Licht auf den Beginn der Elektronischen Musik werfen. Darüber hinaus wäre eine Untersuchung über die Entwicklung der Filmmusik in den 1950er Jahren unter dem Einfluss der Arbeiten Oskar Salas von Interesse.

Die vorliegende Untersuchung kann für einige der genannten Forschungsfragen eine Ausgangsbasis bieten, indem sie einen detailreichen Einblick in das Entwicklungsumfeld des Trautoniums zu geben versucht. Dabei konnten Hinweise auf sich ergebende Forschungsfragen aus den herangezogenen Dokumenten des umfangreichen Nachlass Salas im Deutschen Museum München aufgezeigt werden. Im Hinblick auf den Musikinstrumentenbau und dessen Wandlung über das 19. Jahrhundert konnte der Aspekt des Technologietransfers und dessen zunehmende Einflussnahme an ausgewählten Beispielen dargestellt werden. Damit wurden technologische Wechselbeziehungen, vornehmlich der elektroakustischen Musikinstrumente, zu den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen erhellt und diese Gruppe von Instrumenten als ein Ergebnis im Kontext interdisziplinärer Forschung und Arbeiten als Ergebnis ständiger Innovation und Entwicklung im Bereich der Musikinstrumente dargestellt.

V. Anhang

1. Abbildungsverzeichnis

Nr.:	Bezeichnung:	Quelle:	Seite:
I-1	Phonograph der Edison Phonograph Company, Modell Orange aus dem Jahr 1898. Foto: Irmgard Ott.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Kat.-Nr. 4216	S. 61
I-2	Schaltskizze des elektrischen Phonographen Oberlin Smiths.	Illustration in <i>The Electrical World</i> , von 1888	S. 68
I-3	Schaltskizze für eine Lichttonsirene nach Mercadier. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 13	S. 71
I-4a	Schaltskizze eines Telefonlautsprechers.	Abbildung aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 66	S. 75
I-4b	Schaltskizze eines elektrodynamischen Lautsprechers.	Abbildung aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 67	S. 75
I-5	Funktionsskizze eines Kohlestabmikrophons. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 27	S. 76
I-6	Schaltskizze eines Kohlekörnermikrophons.	Abbildung aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 68	S. 77
II-1	Walzenklavier der Firma Luis Casali. Foto: Harald Fritz.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Kat.-Nr. 5496	S. 132
II-2	Ansicht eines Pianola-Vorsatzes der Firma Aeolian Company. Foto: Harald Fritz.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Kat.-Nr. 5014	S. 142
II-3	Skizze der elektropneumatischen Traktur mit hängendem Magnet nach Heinrich Koulen.	Abbildung aus Wilhelm Widmann <i>Die Orgel</i> .	S. 170
II-4	Skizze aus dem Patent von Ernst Lorenz. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 15	S. 173
II-5	Schaltskizze eines Selbstunterbrechers. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 29	S. 174
II-6	Schaltskizze des singenden Lichtbogens.	Abbildung aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 78	S. 176
II-7	Junger Werksarbeiter mit einem Tonzahnrad für Cahills Konstruktion. Aus: McClure's Magazine, Juli 1906; Aufnahmedatum 1978, Atelier Knud Petersen.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 10	S. 180

II-8	Der Bruders Thaddeus Cahills, Arthur T. Cahill. Aus: McClure's Magazine, Juli 1906; Aufnahmedatum 1978, Atelier Knud Petersen.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 11	S. 182
II-9	Zweimanualiger Spieltisch des Telharmoniums in Holyoke. Aus: McClure's Magazine, Juli 1906; Aufnahmedatum 1978, Atelier Knud Petersen.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 23	S. 184
II-10	Schaltskizze des Theremins. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 17	S. 187
II-11	Lev Termen beim Spiel seines Theremins. Reproduktion aus: Der Feuerreiter, 27.8.1927. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 03	S. 189
II-12	Maurice Martenot beim Spiel eines seiner ersten Instrumente. Reproduktion aus: Tournee- Programm C.&E. Ebner, Berlin 1928. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 02	S. 192
II-13	Jörg Mager mit einem Assistenten. Reproduktion: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin. SIM PK. Re8 JE 03	S. 196
II-14	Jörg Mager an seinem Sphärophon. Reproduktion aus: Die Musik, XX/1. Reproduktion: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re8 JE 05	S. 198
II-15a	Jörg Mager an seinem Partiturophon. Reproduktion aus: Frankfurter Illustrierte Nr. 30, 31.7.1930. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re4 JE 01	S. 199
II-15b	Magers Werkstatt mit unfertigem Instrument. Postkarte von Jörg Mager aus Bad Berka 1937. Reproduktion: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re8 JE 09	S. 199
III-1	Grundschialtung aus dem Patent DRP 462980 Friedrich Trautweins	Abbildung aus der Patentschrift DRP 462980 Friedrich Trautweins	S. 213
III-2	Schialtung zur Erzeugung von Klangfarben aus dem Patent DRP 469775 Friedrich Trautweins	Abbildung aus der Patentschrift DRP 469775 Friedrich Trautweins	S. 213
III-3	Fotografie eines der Räume der Rundfunkversuchsstelle in der Hochschule für Musik Berlin-Charlottenburg. Fotograf unbekannt.	Archiv der Universität der Künste Berlin. 11 F 2	S. 223

III-4	Fotografie der Uraufführung bzw. einer Probe der Triostücke für drei Trautonen, anlässlich der Veranstaltung ›Neue Musik Berlin 1930‹. Reproduktion aus: Frankfurter Illustrierte Nr. 30, 31.7.1930. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re8 JE 06	S. 228
III-5	Fotografie Friedrich Trautweins (stehend), mit Rudolph Schmidt und Oskar Sala. Reproduktion aus Peter Lertes Elektrische Musik, 1933. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin. SIM PK. Re4 Friedrich Trautwein 01	S. 234
III-6	Schaltskizze zum Funktionsprinzip des Bandmanuals am Hellertion.	Abbildung aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 173.	S. 241
III-7	Manualansicht des Telefunken-Trautoniums. Foto: Benedikt Brilmayer.	Musikinstrumentenmuseum Berlin, SIM PK. Kat.-Nr. 5264	S. 242
III-8	Die drei in Trautweins <i>Elektrische Musik</i> vorgestellten Manualalternativen.	Abbildungen aus Trautweins <i>Elektrische Musik</i> , S. 27.	S. 247
III-9	Schwebungssumme zur Erzeugung der Ausgangsschwingung.	Abbildungen aus Trautweins <i>Elektrische Musik</i> , S. 18.	S. 258
III-10	Schaltung zur Filterung der obertonreichen Ausgangsschwingung.	Abbildungen aus Trautweins <i>Elektrische Musik</i> , S. 18.	S. 259
III-11	Telefunken-Trautonium. Foto: Sabine Hoffmann.	Musikinstrumenten-Museum Berlin. Kat.-Nr. 5721	S. 266
III-12	Entspricht Abbildung III-11		S. 275
III-13	Schaltungsskizze der Vorrichtung zum dynamisch gestaltbaren Spiel.	Abbildungen aus Peter Lertes <i>Elektrische Musik</i> , S. 179.	S. 276
III-14	Erweitertes Telefunken-Trautonium. Urheber und Datum unbekannt.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re8 JE 13	S. 281
III-15	Das Rundfunk-Trautonium. Urheber und Datum unbekannt.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. HA SIM 001	S. 282
III-16	Oskar Sala am Rundfunk-Trautonium. Reproduktion: Irmgard Ott, 14.8.1962.	Musikinstrumenten-Museum Berlin, SIM PK. Re8 JE 17	S. 283
III-17a	System der Untertonreihe und ›Subharmonischen‹ Töne.	Abbildung aus Salas <i>Das Mixtur-Trautonium</i> , in Fritz Winckels <i>Klangstruktur der Musik</i> S. 91.	S. 285
III-17b	System b: tatsächlich gespielter Töne und die dazu erklingenden Subharmonischen.	Abbildung aus Salas <i>Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums</i> , S. 93.	S. 285
III-18a	Beispiel für die erweiterte Notation Salas.	Abbildung aus Salas <i>Das Mixtur-Trautonium</i> , in Fritz Winckels <i>Klangstruktur der Musik</i> S. 93.	S. 290

III-18b	Klingende Noten der erweiterten Notation Salas.	Abbildung aus Salas <i>Das Mixtur-Trautonium</i> , in Fritz Winckels <i>Klangstruktur der Musik</i> S. 93.	S. 290
III-19	Ansicht der Vorrichtung zur dynamischen Gestaltungsmöglichkeit. Foto: Benedikt Brilmayer.	Musikinstrumenten-Museum Berlin SIM PK. Kat.-Nr.: 5834	S. 292
III-20	Beispiel für die Tonerzeugung der Haupt- und Nebengeneratoren für eine Stimme.	Abbildung aus Salas <i>Das Mixtur-Trautonium</i> , in Winckels <i>Klangstruktur der Musik</i> S. 92.	S. 293
III-21	Das Konzert-Trautonium mit Orchesterbegleitung. Reproduktion aus einer Funkzeitschrift. Foto: Knud Petersen, 20.11.1978.	Musikinstrumenten-Museum Berlin SIM PK. Re4 JE 05	S. 297
III-22	Funktionsskizze zur Synchronisierung der Subharmonischen und der Grundschiwingung.	Abbildung aus der Patentschrift DBP 917470 von Oskar Sala	S. 303
III-23	Griffschrift aus Abbildung 19 kombiniert mit Registertabellen.	Abbildung aus Salas <i>Das Mixtur-Trautonium</i> , in Winckels <i>Klangstruktur der Musik</i> , S. 94.	S. 306
III-24	Schaltplan des Studios um das Mixtur-Trautonium.	Abbildung ist entnommen aus Salas Beitrag <i>Mixtur-Trautonium und Studio-Technik</i> , in: <i>Gravesaner Blätter</i> 23, S. 52.	S. 308
III-25	Das Mixtur-Trautonium nach Oskar Sala. Foto: Andreas Hasz.	Musikinstrumenten-Museum. Kat.-Nr. 5834.	S. 321

2. Patente Oskar Salas

Die nachfolgenden Patente sind die vier Patente, in denen Oskar Sala als Erfinder genannt ist. Sie sind über das Internet öffentlich zugänglich über die Internetseite des Deutschen Patent- und Markenamtes sowie über die Seite des *Oskar-Sala-Fonds* des Deutschen Museums München. Für das Patent DRP 628687 mit der Bezeichnung »Als druckabhängiger Widerstand ausgebildete Lautstärkeregelanordnung für elektrische Musikinstrumente« ist zusätzlich noch Walter Germann genannt. Dieses und das Patent DRP 722836 mit der Bezeichnung »Elektrisches Musikinstrument mit mehreren Stromresonanz-Formantkreisen« sind von Telefunken angemeldet worden. Die Patente DBP 917470 mit der Bezeichnung »Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente« und DBP 1017448 mit der Bezeichnung »Amplitudenregler für elektrische Musikinstrumente« sind von Oskar Sala selbst, bzw. dessen Patentanwalt Richard Müller-Börner angemeldet worden.⁸⁹¹ Die Synchronisationsvorrichtung ließ er sich darüber hinaus auch in Frankreich und den Vereinigten Staaten patentieren.⁸⁹² Die Patente, die sich bei einer Recherche nach dem Namen Friedrich Trautwein ergeben belaufen sich auf 84 Ergebnisse und können auf der Internetseite des Deutschen Patent- und Markenamtes eingesehen werden.⁸⁹³

⁸⁹¹ Vgl. die im Nachlass Oskar Salas erhaltenen Korrespondenzen. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12377.

⁸⁹² Vgl. hierzu die Homepage des Deutschen Patent- und Markenamtes, Recherchefunktion: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=index&action=index>. Darüber hinaus auch den Internetauftritt des Oskar-Sala-Fonds: <http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/oskar-sala/patente/>. Beide zuletzt aufgerufen am 28. September 2016.

⁸⁹³ Vgl. das Ergebnis der Recherche auf der Internetseite des Deutschen Patent- und Markenamtes: <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=index&action=index>. Zuletzt aufgerufen am 28. September 2016. Peter Donhauser spricht von insgesamt 88 Patentansprüchen Trautweins bezüglich des Trautoniums. Vgl. ders.: *Elektrische Klangmaschinen*, S. 75.

DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
8. APRIL 1935REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

Nr. 628 687

KLASSE 51f GRUPPE 201

T 44086 VIII a/51f

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 26. März 1936

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin *)

Als druckabhängiger Widerstand ausgebildete Lautstärkeregelanordnung
für elektrische Musikinstrumente

Patentiert im Deutschen Reich vom 23. Juni 1934 ab

Die bisher bekannten druckabhängigen Widerstände zur Lautstärkeregulation bei elektrischen Musikinstrumenten bestanden entweder aus in geeigneten Behältern untergebrachtem Graphitpulver oder aus einem Nesselstoff, auf den mit Gummilösung vermengte, fein gemahlene Knochenkohle aufgetragen worden ist. Die ersterwähnten Widerstände haben den Nachteil, daß bei der Rückkehr des drückenden Elementes in die Ruhelage der Widerstand nicht auf den ursprünglichen Wert zurückgeht; ferner neigen diese Widerstände zum Rauschen (Mikrophonrauschen). Der Knochenkohle-Nesselstoff-Widerstand ist schon wesentlich besser, jedoch tritt auch hierbei infolge der Reibung leicht ein Rauschen auf, welches infolge Hartwerdens des Bindemittels allmählich unerträglich wird. Die Lebensdauer dieses Widerstandes ist verhältnismäßig gering. Die gleichmäßige Herstellung ist schwierig. Die Nachteile der bekannten Widerstände werden gemäß der Erfindung dadurch völlig behoben, daß eine elektrisch leitende Flüssigkeit als Widerstandsmaterial dient, die von einem geeigneten Tragkörper aufgesogen wird, wobei bereits bei der Herstellung des Widerstandes dafür Sorge zu tragen ist, daß die Flüssigkeit nicht verdunstet. Dies kann

entweder durch Flüssigkeiten mit hochliegendem Siedepunkt oder mittels zusätzlicher hygroskopischer Stoffe, durch welche der Feuchtigkeitsgehalt auf dem zulässigen Wert gehalten wird, oder auf konstruktivem Wege durch hermetische Einkapselung der Kontakt- und Widerstandsanordnung erzielt werden. Als Tragkörper kommen möglichst feinfasrige Stoffe zur Anwendung (Textilstoffe, Löschpapier, Schwamm). Als Leiter eignen sich allgemein alle Flüssigkeiten mit nicht zu geringer elektrischer Leitfähigkeit, insbesondere Leitungswasser und Öle, z. B. Glycerin.

Die Wirkungsweise des neuen Widerstandes ist folgende: Im ungedrückten Zustand ist die Flüssigkeit im Gewebe feinst verteilt. Der Leitungswiderstand ist daher sehr hoch. Sobald der Widerstand gedrückt wird, wird etwas Flüssigkeit ausgepreßt. Diese Flüssigkeit bietet einen direkten Stromdurchgang bei verhältnismäßig geringem Widerstand.

Die Abbildung veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes. Zwischen die Elektroden 1 und 2 ist, hermetisch durch eine Gummihülle 3 gegen die Außenluft abgeschlossen, der Widerstand 4 angeordnet. Bei der Bewegung der beweglichen Elektrode 1 auf die feste Elektrode 2 zu wird der Widerstand 4 verändert.

*) Von dem Patentsucher sind als die Erfinder angegeben worden:

Walter Germann und Oskar Sala in Berlin.

628 687

Als besonders vorteilhaft hat sich für den Widerstand Wollstoff, Flanell oder Trikot erwiesen, die mit Glycerin getränkt worden sind.

- 5 Der neue Widerstand zeichnet sich durch völlige Rauschfreiheit aus. Die Herstellung ist außerordentlich einfach. Ebenso läßt sich der Widerstand bei zu großer Änderung der Widerstandsverhältnisse leicht und schnell regenerieren. Der Regelbereich ist wesentlich größer als bei den obenerwähnten Knochenkohle-Nesselstoff-Widerständen. Die Widerstandsänderung ist gleichmäßiger.

PATENTANSPRÜCHE:

- 15 1. Als druckabhängiger Widerstand ausgebildete Lautstärkeregelanordnung für elektrische Musikinstrumente, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstand aus einer von einem Tragkörper aufgesogenen,

elektrisch leitenden Flüssigkeit gebildet ist, die an sich oder infolge zusätzlicher hygroskopischer Mittel oder infolge der Anordnung des Widerstandes in einem geschlossenen Gehäuse schwer, praktisch 25 nicht verdunstet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Tragkörper feinfasrige Stoffe (Textilstoffe, Löschpapier, Schwamm) dienen. 30

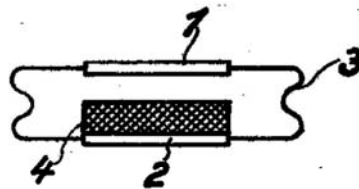
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die als Widerstandsmaterial benutzte Flüssigkeit verhältnismäßig große elektrische Leitfähigkeit besitzt, insbesondere Leitungswasser 35 oder Öl ist.

4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Widerstand aus einem mit Glycerin getränkten Wollstoff, Flanell oder Trikot besteht. 40

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

BEZUG: 628 687 IN DEM BEZUGSSTÜCK

Zu der Patentschrift **628 687**
Kl. 51f Gr. 201



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
22. JULI 1942REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

№ 722836

KLASSE 51f GRUPPE 201

T 42911 IX a/51 f

Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. in Berlin-Zehlendorf*)
Elektrisches Musikinstrument mit mehreren Stromresonanz-FormantkreisenPatentiert im Deutschen Reich vom 9. August 1933 an
Patenterteilung bekanntgemacht am 4. Juni 1942

Elektrische Musikinstrumente mit mehreren Formantkreisen, deren Dämpfung mittels einstellbarer Widerstände geregelt werden kann, sind an sich bekannt. Bei den bekannten Einrichtungen ist die Anordnung so getroffen, daß die Dämpfung bzw. der Einfluß beider Formantkreise unabhängig voneinander einstellbar ist. Hierbei sind zwei Schalt- und Bedienungselemente erforderlich, so daß der Aufbau umständlich und die Spielweise erschwert wird.

Des weiteren ist bei der Einstellung auch noch die Gesamtlautstärke nachzuregeln, wenn beide Formantdämpfungswiderstände auf mittlere Werte eingestellt sind.

Gemäß der Erfindung wird eine Vereinfachung der Formantkreisanordnung bei der Verwendung von parallel zum Verstärkungszug liegenden Stromresonanzformantkreisen dadurch erzielt, daß diese Formantkreise und die Regelwiderstände nach Art einer Überblenderschaltung aneinandergereiht sind. Durch Verstellen eines einzigen Bedienungsknopfes ist es möglich, entweder beide Formantkreise in gleicher Weise zur Geltung zu bringen oder aber den einen oder den anderen völlig auszuschalten. Es ist selbstverständlich auch möglich, Zwischenlagen einzustellen

und beide Formantkreise in beliebigem Verhältnis zueinander zur Wirkung zu bringen. Die Gesamtlautstärke ist hierbei, da ein Formantkreis immer voll eingeschaltet, also praktisch ungedämpft ist, nur noch abhängig von der Einstellung des Dämpfungswiderstandes des geregelten Formanten. Sie ändert sich praktisch jedoch nur wenig, da für das Ohr der Eindruck des ungedämpften Formanten überwiegt.

Des weiteren hat sich herausgestellt, daß der Regelbereich vergrößert wird, wenn die Dämpfungswiderstände logarithmisch abgestuft sind.

Die Abbildung veranschaulicht zwei Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes. In der Abb. 1 sind die Formantkreise 1 und 2 direkt in den Verstärkungszug geschaltet. Sie sind durch die Leitung 3 hintereinandergeschaltet. Von der Leitung 3 geht eine Abzweigleitung 4 zu dem Abnahmekontakt 8 des zweckmäßig als Drehwiderstand ausgebildeten Doppelwiderstandes 5, 6. Die Widerstände 5 und 6 brauchen nicht getrennt voneinander angeordnet zu sein. Es kann auch eine Verbindung zwischen 5 und 6, wie es durch die punktierte Leitung 7 angedeutet ist, hergestellt sein. Jedoch ist hierbei der Dämp-

*) Von dem Patentsucher ist als der Erfinder angegeben worden:

Oskar Sala in Berlin.

722 836

fungseinfluß größer, die erzielten Klangfarben sind nicht so spitz. Bei dem Verschieben des Abnahmekontaktes 8 in Richtung des ausgezogenen Pfeiles wird der Formant 1
 5 mehr und mehr kurzgeschlossen und damit außer Wirksamkeit gebracht. Der Formant 2 hingegen bleibt ungeändert.

Das Umgekehrte tritt ein, wenn die Bewegung des Abnahmekontaktes 8 in Richtung
 10 des gestrichelten Pfeiles erfolgt. Die Widerstände 5 und 6 werden vorteilhaft logarithmisch abgestuft, da dadurch der Regelbereich nicht unwesentlich erweitert wird.

Die Anordnung nach der Abb. 2 unterscheidet sich von der Schaltung nach Abb. 1
 15 hauptsächlich darin, daß die Formantkreise 1 und 2 transformatorisch angekoppelt sind, wobei die beiden Transformatoren 10 und 11 auf der Primärseite an der Stelle 12, an der
 20 der verschiebbare Abnahmekontakt 13 eingeschaltet ist, miteinander verbunden sind. Die Primärseite ist durch den Regelwiderstand 14 überbrückt, der ebenfalls wieder vorteilhaft symmetrisch zur Mitte logarithmisch ab-
 25 gestuft ist.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Elektrisches Musikinstrument mit zwei parallel zum Verstärkungszug liegenden Stromresonanz-Formantkreisen und diesen zugeordneten Dämpfungswiderständen, dadurch gekennzeichnet, daß die
 30 Dämpfungswiderstände und die Stromresonanzkreise nach Art einer Überblenderschaltung angeordnet sind.

2. Musikinstrument nach Anspruch 1, 35 dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ankopplung der Formantkreise an die Vorstufe durch hintereinandergeschaltete Transformatoren auf der Primärseite der
 40 Transformatoren ein beide Primärwicklungen überbrückender Dämpfungswiderstand angeordnet ist, dessen beweglicher Abgriff mit dem Verbindungspunkt der Primärwicklungen beider Transformatoren in Verbindung steht. 45

3. Musikinstrument nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungswiderstände, bezogen auf den
 50 Verbindungspunkt beider Stromresonanzkreise, logarithmisch abgestuft sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Zu der Patentschrift **722836**
Kl. 51f Gr. 2 01

Abb. 1

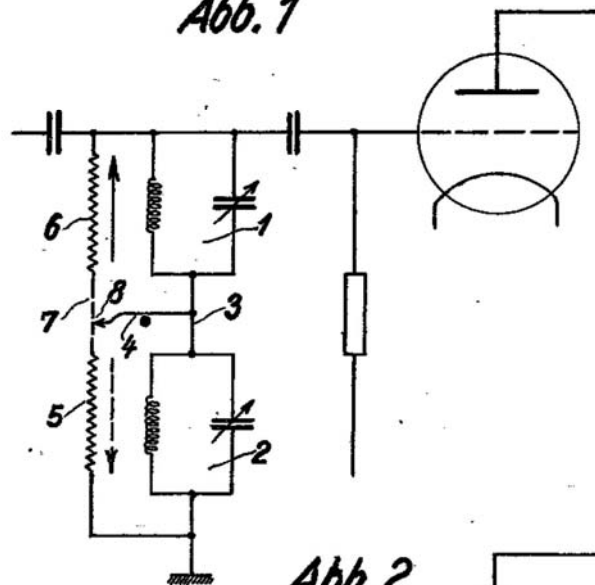
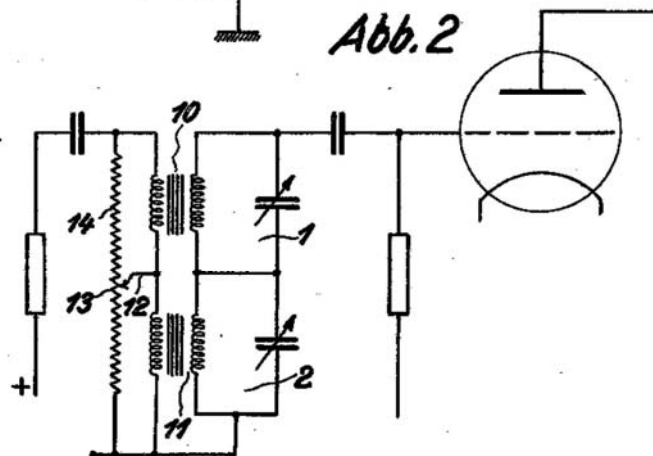


Abb. 2



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

AUSGEGEBEN AM
2. SEPTEMBER 1954

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT

Nr. 917 470

KLASSE 51f GRUPPE 208

S 27202 IX a/51f

Oskar Sala, Berlin-Charlottenburg
ist als Erfinder genannt worden

Oskar Sala, Berlin-Charlottenburg

Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 15. Februar 1952 an

Patentanmeldung bekanntgemacht am 28. Januar 1954

Patenterteilung bekanntgemacht am 22. Juli 1954

Die Erfindung betrifft eine Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente zur gleichzeitigen Erzeugung mehrerer Frequenzen in subharmonischen Teilungsverhältnissen, bei welcher ein synchronisierender und ein oder mehrere synchronisierte Kippgeneratoren mit gittergesteuerten Gasentladungsröhren verwendet werden.

Um bei elektrischen Musikinstrumenten, die zur Erzeugung der elektrischen Schwingungen gittergesteuerte Gasentladungsröhren verwenden, gleichzeitig mehrere Töne zu gewinnen, die in einem harmonischen Verhältnis zueinander stehen, ist vorgeschlagen worden, aus einer gegebenen Frequenz durch Frequenzteilung die Subharmonischen abzuleiten und zu der Frequenzteilung Gasentladungsröhren in Verbindung mit Widerstand und Kondensator zu verwenden, wobei die Eigenfrequenz dieser der sogenannten Blinkschaltung ähnlichen Anordnung etwa der Frequenz der gewünschten Subharmonischen entspricht. Durch die Synchronisation dieses Kippgenerators mit der vorgegebenen Frequenz erzeugt dieser eine Frequenz, die in einem streng konstanten Teilungsverhältnis zur vorgegebenen Frequenz steht.

Zweckmäßig ist es, auch die vorgegebene Frequenz in einem Kippgenerator mit Gasentladungsröhre zu gewinnen. Man hat dann eine Schaltung, in der mehrere Kippgeneratoren mit je einer Gasentladungsröhre so miteinander gekoppelt sind, daß einer von ihnen als synchronisierender Generator den anderen Generatoren subharmonische Frequenzen aufzwingt. Bei einer Frequenzänderung des

917 470

2
synchronisierenden Generators über größere kontinuierliche Frequenzbereiche gelingt mit dieser Anordnung jedoch eine Synchronisation in einem gleichbleibenden subharmonischen Teilungsverhältnis nicht. Der synchronisierte Generator schlägt
5 vielmehr immer wieder in einen bestimmten Frequenzbereich zurück, welcher ungefähr demjenigen entspricht, den er ohne die synchronisierende Kippfrequenz haben würde.

10 Deshalb ist auch schon vorgeschlagen worden, mehreren gleichartigen Kippgeneratoren, die entsprechend dem gewünschten Teilungsverhältnis abgestimmt sind, das frequenzbestimmende Element in der Weise gemeinsam zu machen, daß alle durch
15 dasselbe schon ohne Einwirkung der synchronisierenden Frequenz etwa im gleichen relativen Frequenzumfang verändert werden. Der synchronisierenden Frequenz fällt dann nur noch die Aufgabe zu, diese annähernd dem gewünschten subharmonischen Teilungsverhältnis schon entsprechenden, parallel
20 laufenden Kippfrequenzen streng zu synchronisieren. Hierdurch ist der Frequenzbereich der synchronen Mitnahme in einem gleichbleibenden subharmonischen Teilungsverhältnis wesentlich erweitert
25 worden, wenn das Teilungsverhältnis klein gehalten werden kann. Bei wachsendem Teilungsverhältnis nimmt dieser Frequenzbereich jedoch schnell ab. Der synchronisierte Generator schlägt
30 leicht in ein anderes Teilungsverhältnis um, wobei an der Umschlagstelle kratzende Geräusche entstehen. Da die Kennlinien der Gasentladungsröhren bekanntlich erheblich streuen, kann es leicht vorkommen, daß nicht nur an den Grenzen des Mitnahmebereichs solche Instabilitäten auftreten, sondern
35 auch innerhalb des Mitnahmebereichs. Man muß daher die Gasentladungsröhren für die Kippgeneratoren sorgfältig auswählen.

Der naheliegende Ausweg, höhere subharmonische Teilungsverhältnisse durch Seriensynchronisation, also durch Synchronisation in mehreren Stufen mit
40 kleinen Teilungsverhältnissen, herzustellen, hat sich ebenfalls nicht bewährt. Denn abgesehen davon, daß musikalisch wichtige Intervalle, wie die Terz und die Septime, auf diesem Wege nicht erreichbar werden, weil dazu die Teilungsverhältnisse 1:5 bzw.
45 1:7 gebraucht werden, addieren sich alle Instabilitäten der in Reihe geschalteten Kippgeneratoren, und die Zahl der Bedienungselemente wächst in einer für die Praxis nicht mehr tragbaren Weise
50 an. Ist beispielsweise ein subharmonisches Teilungsverhältnis 1:16 durch vier Seriensynchronisationen in den Stufen 1:2:4:8:16 erreicht, so ergibt das bei zwei Bedienungselementen für jeden Kippgenerator nicht weniger als acht Bedienungselemente, an
55 welchen der Spieler des Instruments eine etwa auftretende Instabilität suchen muß. Man kann es daher nicht wagen, etwa mehrere gleichzeitig erklingende subharmonische Teiltöne mit hohen Teilungsverhältnissen vorzusehen. Gerade die Seriensynchronisation verlangt eine maximale Stabilität
60 der Synchronisationsvorrichtung. Im allgemeinen scheinen somit Kippgeneratoren, deren Frequenzen auf die beschriebene bekannte Weise gemeinsam

gittergesteuert werden, für stabile Synchronisationsvorrichtungen wenig geeignet.

Im Gegensatz zu dieser bekannten Vorrichtung wird gemäß der Erfindung eine Schaltung vorgeschlagen, bei welcher der synchronisierende Generator in an sich bekannter Weise durch eine mittels
65 eines frequenzbestimmenden Elementes veränderbare negative Gitterspannung frequenzveränderlich ist und die von dem Kippschwingungsgenerator erzeugte Kippfrequenz dem synchronisierten Kippschwingungsgenerator über eine phasenumkehrende,
70 gittergesteuerte Hochvakuumröhre zugeführt wird, deren Steuergitter ebenfalls mit dem frequenzbestimmenden Element gekoppelt ist.

Es ist der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung, die erläuterten Nachteile der bekannten Synchronisationsvorrichtungen grundsätzlich dadurch
80 zu vermeiden, daß die synchronisierten Kippgeneratoren nicht, wie früher vorgeschlagen wurde, an das frequenzbestimmende, kontinuierlich veränderliche Element, nämlich das Bandmanual, des synchronisierenden Kippgenerators angeschlossen sind,
85 sondern eine davon unabhängige feste Gittervorspannung erhalten. Es wird also nur ein spezieller, leicht reproduzierbarer Wert der Charakteristik der synchronisierten Gasentladungsröhren verwendet. Es ist nun für die Synchronisationsfrequenz eine
90 solche Form zu suchen, daß durch sie allein der synchrone Gleichlauf in konstantem subharmonischem Teilungsverhältnis im synchronisierten Kippgenerator erzwungen wird. Das geschieht erfindungsgemäß dadurch, daß die Kippfrequenz des synchronisierenden Kippgenerators über eine Phasenumkehr-
95 röhre auf das Gitter des synchronisierten Kippgenerators übertragen wird und daß dem Steuergitter dieser Phasenumkehrröhre zugleich die negative Steuerspannung vom Gitter des synchronisierenden Kippgenerators zugeführt und der Arbeitspunkt der Phasenumkehrröhre in das untere
100 gekrümmte Gebiet ihrer Ia-Ug-Kennlinien gelegt wird. Hierdurch entsteht am Gitter des synchronisierten Kippgenerators eine mit der Frequenz ansteigende Amplitude der synchronisierenden Kippfrequenz, welche eine überraschend stabile Frequenzmitnahme über den gesamten, auf dem Band-
105 manual spielbaren Tonhöhenbereich bis zu subharmonischen Teilungsverhältnissen von etwa 1:12 erzwingt und auch für höhere Teilungsverhältnisse
110 nur wenig eingeeengt wird, dabei so genau reproduzierbar ist, daß die verschiedenen subharmonischen Teilungsverhältnisse an Festwiderständen eingestellt werden können, so daß beispielsweise für die
115 Wahl der ersten zwölf Teilungsverhältnisse eines synchronisierten Kippgenerators nur ein 12stufiger Umschalter am Instrument erforderlich ist.

Das Wesen der Erfindung sowie einige ihrer Anwendungsmöglichkeiten seien an Hand der Zeichnung erläutert. Fig. 1 beschreibt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung. Kippgenerator 1 ist der synchronisierende, Kippgenerator 20 der synchronisierte Generator. Die Kippschwingungen werden bei
120 beiden in der bekannten Weise mittels der Anodenwiderstände 5, 19 und der Kondensatoren 6, 21
125

917 470

3

erzeugt. Im Gitterkreis des Generators 1 liegt als frequenzbestimmendes Element ein Bandmanual 4, mit welchem über die Einstimmwiderstände 2 und 3 und die Widerstandskombination 8, 9 eine variable negative Vorspannung am Gitter des Generators 1 erzeugt wird. Das Gitter des synchronisierten Generators 20 liegt dagegen über die Widerstandskombination 16, 17, 18 an einer bestimmten, an 17 einstellbaren negativen Vorspannung, welche beim Synchronisationsvorgang unverändert konstant bleiben muß.

Die synchronisierende, vom Generator 1 erzeugte Kippfrequenz wird über das Entkopplungsglied 10, 11 dem Gitter einer Hochvakuumröhre 12 zugeführt. Das Steuergitter der Hochvakuumröhre 12 ist über einen Widerstand 13 mit dem Gitter des synchronisierenden Kippgenerators 1 gekoppelt. Der Kondensator 7 dient zur Verflachung plötzlicher Gleichspannungssprünge, welche an 4 bei stufenweiser Variation des Kurzschlusses zwischen dem Manualwiderstand und der geerdeten Unterlage auftreten können, und bewirkt außerdem, daß im Gitterkreis die Gittereigenimpulse des Generators 1 unterdrückt werden. Die im Anodenkreis der Hochvakuumröhre 12 entstehende synchronisierende Kippfrequenz ist phasenumgekehrt und zugleich frequenzabhängig amplitudenmoduliert, wenn der Arbeitspunkt der Phasenumkehröhre durch geeignete Wahl des Anodenwiderstandes 14 in das untere gekrümmte Gebiet der Ia-Ug-Kennlinien verlegt wird. Über den gleichstromsperrenden Koppelkondensator 15 wird die synchronisierende Kippfrequenz von der Phasenumkehröhre 12 auf das Gitter des synchronisierten Kippgenerators 20 übertragen. Die verschiedenen subharmonischen Teilungsverhältnisse werden durch den variablen Widerstand 19 eingestellt.

Die Wirkungsweise der Schaltung wird an Fig. 2 erläutert. Die Oszillogramme *a, b, c* zeigen verschiedene Kippfrequenzen des synchronisierenden Generators 1 am Gitter der Phasenumkehröhre 12. Es sind aus einer kontinuierlich veränderlichen Folge von Kippfrequenzen die speziellen Frequenzwerte *F* (bei *a*), $2F$ (bei *b*), $4F$ (bei *c*) herausgegriffen. Die Amplitude der Kippfrequenz fällt in bekannter Weise mit der Frequenz ab. Die Oszillogramme *d, e, f*, denen in dieser Reihenfolge wiederum dieselben Frequenzen *F, 2F, 4F* der synchronisierenden Kippfrequenz entsprechen, sind am Gitter des synchronisierten Kippgenerators 20 aufgenommen. Die Wirkungsweise der Phasenumkehröhre besteht hiernach darin, daß sie die Richtung der Spannungssprünge p_1 aus *a* umkehrt zu p_2 in *d* und dadurch in die gleiche Richtung mit den Eigenimpulsen p_2 in *d* des synchronisierten Generators bringt. Das muß als ein wichtiges stabilisierendes Element der Synchronisationsvorrichtung angesehen werden. Außerdem bewirkt die Phasenumkehröhre, daß die Amplitude der synchronisierenden Kippfrequenz am Gitter des synchronisierten Generators mit der Frequenz zunimmt. Das wird dadurch erreicht, daß am Gitter der Phasenumkehröhre 12 die vom Bandmanual 4 erzeugte negative Vorspannung liegt, welche mit steigender Frequenz ab-

nimmt. Wenn nun der Arbeitspunkt der Phasenumkehröhre 12 in dem Gebiet der unteren Krümmung der Ia-Ug-Kennlinien liegt, so verursachen die Änderungen der Gittervorspannung durch das Bandmanual 4 eine große Änderung der Steilheit der Phasenumkehröhre 12. Man kann auf diese Weise erreichen, daß die Steilheit der Phasenumkehröhre 12 mit steigender Frequenz so stark zunimmt, daß der Amplitudenabfall der Kippfrequenz *a, b, c* mit der Frequenz am Gitter der Phasenumkehröhre 12 in einen Amplitudenanstieg *d, e, f* mit der Frequenz im Anodenkreis der Phasenumkehröhre 12 umgewandelt wird.

Sobald dieser überkompensierende Zustand hergestellt ist, gelingt es, bei Feineinstellung des Anodenwiderstandes 14, des Gitterwiderstandes 17 und des Koppelwiderstandes 13 ein Optimum der synchronen Mitnahme zu erreichen, welche sich über den gesamten Spielbereich des Bandmanuals von maximal etwa $3\frac{1}{2}$ Oktaven erstreckt und bis zu Teilungsverhältnissen von 1:12 von deren Ordnungszahl unabhängig ist. Ein mathematisch formulierbarer Zusammenhang zwischen Synchronisationsfrequenz und Amplitude konnte bisher nicht ermittelt werden. Obgleich das in der Empfindlichkeit der Einstellung und dem überraschend einsetzenden hohen Wirkungsgrad einer scharf einstellbaren Resonanz ähnliche Phänomen vermutlich auf einem Zusammenhang zwischen der exponentiellen Ladungskurve der Kippkondensatoren 6, 21 und dem gekrümmten Verlauf der Arbeitskennlinie der Phasenumkehröhre 12 beruht, spielen jedenfalls noch andere, weniger übersichtliche Vorgänge mit, wie z. B. die Verzerrungen der Schwingungsform durch die nichtlineare Kennlinie und die Eigenarten der Charakteristik des Kippgenerators 1.

Das zeigt sich unter anderem darin, daß man zwar die Gasentladungsröhren der synchronisierten Kippgeneratoren einfach auswechseln und nur durch Nachstellen der Widerstände 14 und 17 leicht wieder in dieselbe synchrone Arbeitsweise bringen kann, ohne daß der Widerstand 19 geändert zu werden braucht. Dagegen ist ein Röhrenwechsel im Kippgenerator 1 in beliebiger Weise auch jetzt nicht möglich, sondern muß, wie bisher, eine Auswahl von Typen mit ähnlichen Charakteristiken erfolgen. Während diese sorgfältige Auswahl aber bei den bekannten Verfahren für sämtliche Kippgeneratoren erforderlich war, ist hier durch die Erfindung insofern eine wesentliche Verbesserung erreicht, als es bei einem zweimanualigen Instrument nur zwei synchronisierende Kippgeneratoren gibt und alle für diese nicht geeigneten Typen der Gasentladungsröhren ohne weiteres für die viel zahlreicheren synchronisierten Generatoren verwendet werden können.

Das schließliche Ergebnis des Synchronisationsvorganges, die synchronisierte Kippfrequenz, zeigt Fig. 2g, 2h, 2i hinter dem Koppelglied 22, 23 aufgenommen. Während die Frequenzintervalle denen der Reihen *a-c* und *d-f* entsprechen, sind die absoluten Werte in diesem Falle durch 7 dividiert. Obgleich also der Kippgenerator 20 nur eine einmal

917 470

4

fest eingestellte Zündspannung besitzt, kann in ihm ein kontinuierliches Frequenzgebiet in der geforderten streng subharmonischen Zuordnung erzwingen werden, indem die jeweils fehlende Differenz zur vorgegebenen Zündspannung durch die synchronisierende Frequenz geliefert wird, deren Amplitude ja mit der Frequenz zunimmt. Es hat sich gezeigt, daß diese neue Art der Synchronisation sicherer arbeitet als die bekannte Schaltung, bei der das frequenzbestimmende Element auch die Zündspannung des synchronisierten Generators verändert, weil nun vermieden wird, daß die Eigenheiten der Röhrencharakteristik als instabiles Moment in den Synchronisationsvorgang eingehen.

Die Schaltung der Fig. 1 läßt sich in verschiedenster Weise für Vielfachsynchronisationen erweitern. Einige Beispiele seien hier erläutert. Fig. 3 zeigt eine Schaltung für Parallelsynchronisation, bei welcher die hinter der Phasenumkehröhre 12 entstehende synchronisierende Kippfrequenz mehreren synchronisierten Kippgeneratoren 20, 20' ... über Entkopplungsröhren 25, 25' ... zugeführt wird, welche dazu dienen, Rückwirkungen der Gittereigenimpulse zwischen den synchronisierten Kippgeneratoren zu verhindern. Die Schaltelemente 24 bis 29, 24' bis 29' sollen so bemessen sein, daß eine unverfälschte Übertragung der synchronisierenden Kippfrequenz erfolgt; die Entkopplungsröhren arbeiten daher in einer der üblichen Triodenschaltungen im normalen Kennlinienbereich. An 19, 19' ... können dann verschiedene subharmonische Intervalle voneinander unabhängig eingestellt werden.

Fig. 4 und 5 zeigen Verfahren zur Parallel- und Seriensynchronisation, bei welchen die synchronisierten Generatoren 20, 20' ... je eine Phasenumkehröhre 12, 12' ... erhalten, deren Gitter über getrennte Widerstände 13, 13' ... mit dem Gitter des synchronisierenden Kippgenerators 1 gekoppelt sind und an deren Gitter über getrennte Koppelglieder 10, 11, 10', 11' ... die synchronisierende Kippfrequenz zugeführt wird. Bei Fig. 4 wird die Kippfrequenz des Kippgenerators 1 über jedes der Koppelglieder 10, 11, 10', 11' ... als synchronisierende Kippfrequenz verwendet und über je eine Phasenumkehröhre 12, 12' ... den synchronisierten Generatoren 20, 20' ... zugeführt (Parallelsynchronisation). Bei Fig. 5 wird dagegen nicht nur die Kippfrequenz des Kippgenerators 1 als synchronisierende benutzt, sondern jede synchronisierte Kippfrequenz synchronisiert ihrerseits einen weiteren Kippgenerator; es entsteht Seriensynchronisation. Praktisch wird man natürlich Kombinationen beider Arten verwenden müssen, was in nabeliegender und sehr mannigfacher Weise geschehen kann. Eine freie Wahl der Subharmonischen bei Seriensynchronisation besteht naturgemäß nicht, so daß für zahlreiche gewünschte Subharmonische der Aufwand groß wird. Es ist daher von erheblicher praktischer Bedeutung, daß eine Parallelsynchronisation auch für große subharmonische Intervalle stabil gelingt, da hiermit schon ein kleiner Aufwand an Kippgeneratoren und Koppelröhren zu sehr verschiedenartigen und zahlreichen Kombinationen führt. Auch ist es hierfür sehr wichtig, daß

sich die Subharmonischen durch Einknopfbedienung wechseln lassen.

Um die Möglichkeiten, die die erfindungsgemäße Synchronisationsvorrichtung bietet, klarzumachen, sei schließlich noch auf eine interessante Erweiterung der bisher beschriebenen Schaltungen hingewiesen, welche eigentümliche und klanglich sehr überraschende Schwingungsformen zustande bringt. Hierbei werden einem synchronisierten Kippgenerator 32 über eine Phasenumkehröhre 35 mehrere synchronisierte Kippfrequenzen, die entweder nach einer der bereits beschriebenen Schaltungen oder auch auf sonst eine bekannte Weise erzeugt worden sind, über getrennte Koppelglieder 33, 34, 33', 34' ... zugeführt. Beispielsweise können diese synchronisierenden Kippfrequenzen den Kippgeneratoren 20, 20' ... der Fig. 3 bis 5 entnommen sein. Wirken diese unter sich harmonischen Frequenzen gleichzeitig auf die Phasenumkehröhre 35, so bewirkt deren nichtlineare Arbeitsweise, daß Differenzschwingungen sehr starker Amplitude entstehen, welche natürlich wieder in einem streng harmonischen Verhältnis zu den einwirkenden Kippfrequenzen stehen müssen. Diese Differenzschwingungen entstehen nun auch als Teile der synchronisierten Kippfrequenz im Generator 32, so daß ein subjektiver Klang entsteht, der ungefähr mit dem einer Orgelmixtur verglichen werden kann: man hört vorherrschend den tiefen Grundton, daneben aber auch die Tonhöhen der Kippfrequenzen der Generatoren 20, 20' ... und weitere, schwächere, harmonische Komponenten, die insgesamt ein sehr vielseitiges Klangbild ergeben. Erstausdrücklich bleibt auch bei dieser Mehrfachsynchroisation der Mitnahmebereich unverändert derselbe, auch wenn die einwirkenden synchronisierten Kippfrequenzen der Generatoren 20, 20' ... hohe subharmonische Teilungsverhältnisse zu den diesen zugeführten synchronisierenden Kippfrequenz haben. Durch regelbare Koppelwiderstände 34, 34' ... kann das Mischungsverhältnis im hörbaren Klang in mannigfacher Weise noch beeinflusst werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Synchronisationsvorrichtung für elektrische Musikinstrumente zur gleichzeitigen Erzeugung mehrerer Frequenzen in subharmonischen Verhältnissen, bei welcher zur Erzeugung einer synchronisierenden und einer oder mehrerer synchronisierter Schwingungen Kippschwingungsgeneratoren mit gittergesteuerten Gasentladungsröhren verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der synchronisierende Kippschwingungsgenerator (1) in an sich bekannter Weise durch eine mittels eines frequenzbestimmenden Elementes (4) veränderbare negative Gittervorspannung frequenzveränderbar ist und die von dem Kippschwingungsgenerator (1) erzeugte Kippfrequenz dem synchronisierten Kippschwingungsgenerator (20) über eine phasenumkehrende, gittergesteuerte Hochvakuumröhre

917 470

5

(12) zugeführt wird, deren Steuergitter ebenfalls mit dem frequenzbestimmenden Element gekoppelt ist.

5 2. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitspunkt der Phasenumkehrrohren (12) im unteren gekrümmten Teil der Steuerkennlinie liegt und das frequenzbestimmende Element (4) eine Abnahme der negativen Gittervorspannung mit der Frequenz bewirkt, so daß am Gitter des synchronisierten Kippgenerators eine mit der Frequenz ansteigende Amplitude der synchronisierenden Kippfrequenz vorhanden ist.

15 3. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter der Phasenumkehrrohren (12) mit dem frequenzbestimmenden Element (4) über einen zweckmäßigerweise veränderbaren Widerstand (13) gekoppelt ist.

20 4. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die synchronisierende Kippfrequenz mehreren synchronisierten Kippgeneratoren (20, 20'...) über Entkopplungsröhren (25, 25'...) zugeleitet wird, welche gitterseitig an die Phasenumkehrrohren (12) über Koppelkondensatoren (15, 15'...) angeschlossen sind.

30 5. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch mehrere Phasenumkehrrohren (12, 12'...), deren Gitter über getrennte Widerstände (13, 13'...) mit dem frequenzbestimmenden Element (4) gekoppelt sind und über die die synchronisierende Kippfrequenz mehreren synchronisierten Kippgeneratoren (20, 20'...) zugeführt wird.

35 6. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet durch getrennte

Koppelemente (10, 11; 10', 11'...), über die die Kippfrequenz des synchronisierenden Kippgenerators (1) den Gittern der Phasenumkehrrohren (12, 12'...) zugeführt wird. 40

7. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Phasenumkehrrohren (12'), über die die Kippfrequenz des synchronisierten Generators (20) als synchronisierende Kippfrequenz einem weiteren synchronisierten Kippgenerator (20') zugeführt wird. 45

8. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine solche Anordnung der einzelnen Teile, daß die Kippfrequenz des synchronisierenden Generators (1) als synchronisierende Kippfrequenz über eine Phasenumkehrrohren (12) beliebig vielen hintereinandergeschalteten synchronisierten Kippgeneratoren (20, 20', 20''...) derart zugeführt wird, daß sich zwischen je zwei synchronisierten Kippgeneratoren eine Phasenumkehrrohren (12, 12', 12''...) befindet. 50 55

9. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 1 bis 8, gekennzeichnet durch einen Kippgenerator (32), dem die von mehreren zueinander in harmonischen Frequenzverhältnissen schwingenden, auf beliebige Weise synchronisierten Kippgeneratoren (20, 20'...) erzeugten Kippfrequenzen über eine gemeinsame Phasenumkehrrohren (35) als synchronisierende Frequenzen zugeführt werden. 60 65

10. Synchronisationsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Kippgeneratoren (20, 20'...) und dem Gitter der Phasenumkehrrohren (35) Koppelglieder (33, 34; 33', 34'...) vorgesehen sind, die veränderbare Widerstände (34, 34' usw.) enthalten. 70 75

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Zu der Patentschrift 917 470
Kl. 51f Gr. 2 os

Fig. 1

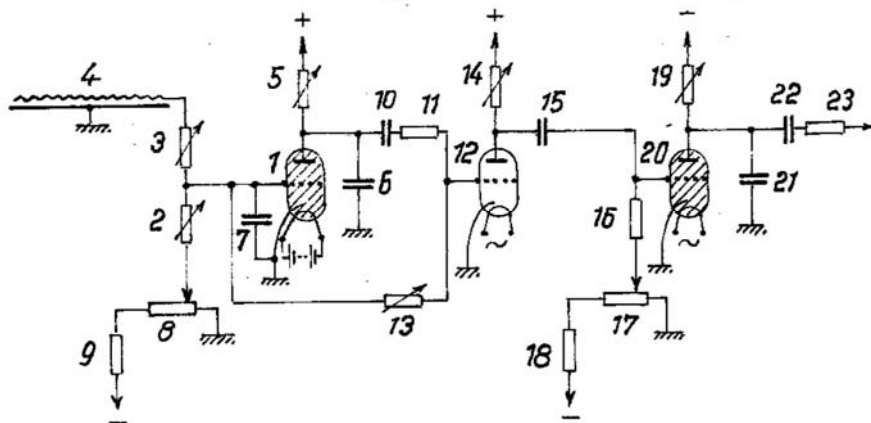
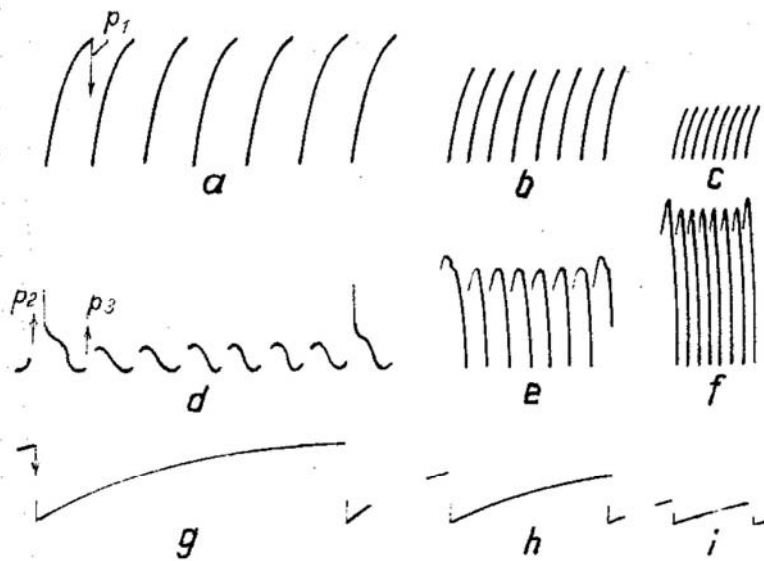


Fig. 2



Zu der Patentschrift 917 470
Kl. 51f Gr. 2 03

Fig. 3

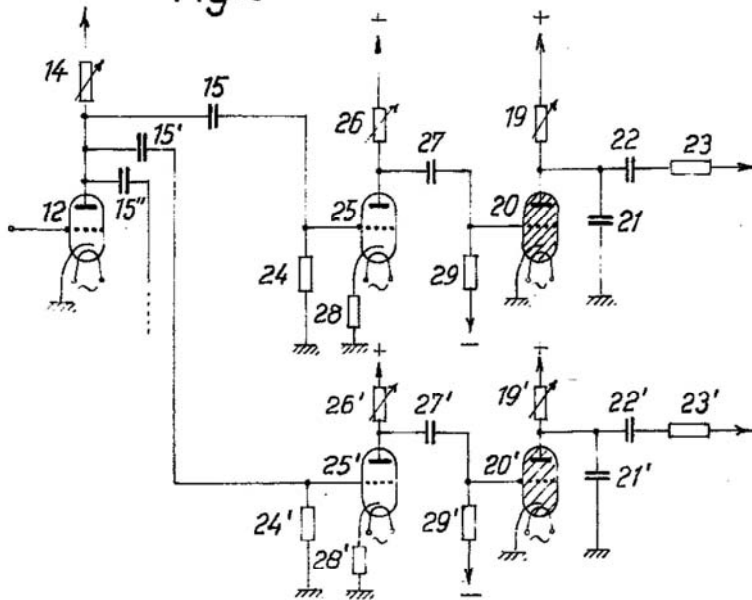
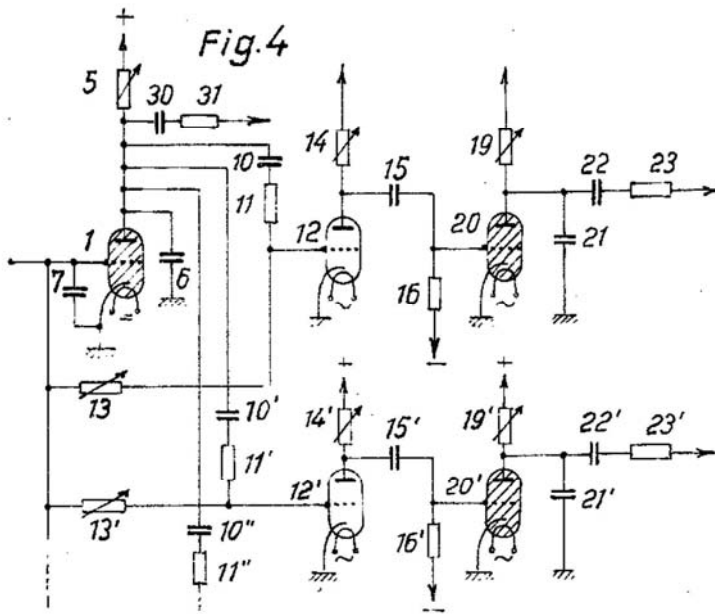


Fig. 4



Zu der Patentschrift 917 470
Kl. 51 f Gr. 2 03

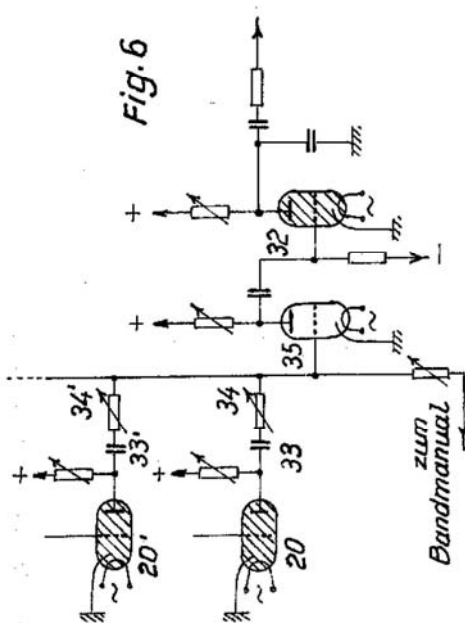
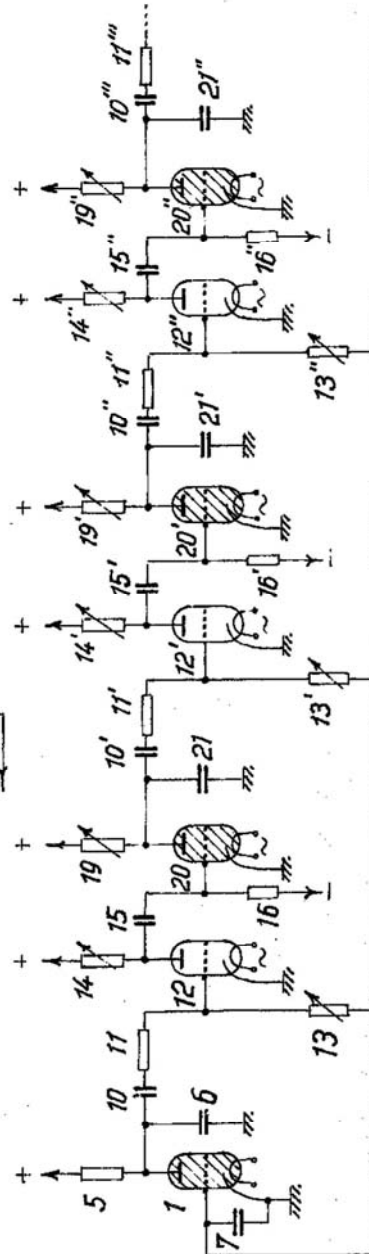


Fig. 5



BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
DEUTSCHES  PATENTAMT

PATENTSCHRIFT 1 017 448

DBP 1 017 448

KL. 51f

2/01

INTERNAT. KL. G 10h

ANMELDETAG: 18. JANUAR 1952

BEKANNTMACHUNG
DER ANMELDUNG
UND AUSGABE DER
AUSLEGESCHRIFT: 10. OKTOBER 1957

AUSGABE DER
PATENTSCHRIFT: 3. APRIL 1958

STIMMT ÜBEREIN MIT AUSLEGESCHRIFT
1 017 448 (S 26849 VIII 4/51 f)

1

Die Erfindung betrifft einen Amplitudenregler für elektrische Musikinstrumente unter Verwendung eines veränderlichen elektrischen Widerstandes, der aus zwei in dem zu regelnden Stromkreis liegenden, in einem mit einer halbleitenden Flüssigkeit gefüllten Gefäß angebrachten Elektroden und einer zwischen den festen Elektroden bewegbaren dritten Elektrode besteht.

Für elektrische Musikinstrumente, bei denen elektrische Schwingungen beliebiger Frequenzform und Amplitude erzeugt werden, von denen dann die Töne abgeleitet werden, benötigt man veränderbare Widerstände zur Regelung der Amplitude dieser elektrischen Schwingungen und damit der Lautstärke. Die Amplitudenregelung dient aber auch zur Erzielung bestimmter Klangeffekte wie An- und Abschwellen des Tones, Einblendungen, willkürliche Gestaltung der Tonansatzvorgänge, usw. Die für diesen Zweck verwendeten Regelwiderstände müssen zwei Forderungen erfüllen: sie sollen stufenlos und gleichend die Änderung des Widerstandswertes gestatten und müssen vollkommen geräuschfrei bei der Verstellung arbeiten. Außerdem soll sich der Regelwiderstand aber auch von dem Spieler des Musikinstrumentes leicht und trägeheitsfrei entweder mit den Fingern oder mit dem Fuß betätigen lassen.

Für solche Amplitudenregler haben sich weder Regelwiderstände bewährt, bei welchen Festkörper aufeinander schleifen, noch solche Vorrichtungen, die ihren Widerstandswert in Abhängigkeit von einem Druck verändern. Die ersteren sind wegen der leicht entstehenden Geräusche durch unsichere Kontaktgabe, Abnutzung, Verunreinigungen sowie wegen der erheblichen mechanischen Kräfte und eines kaum zu vermeidenden Schlupfes ungeeignet. Die letzteren haben den Nachteil, daß wegen der fortgesetzt einwirkenden Druckkräfte die Empfindlichkeit allmählich nachläßt, was sich bei schwachen Druckänderungen unangenehm auswirkt. Andererseits sind die musikalischen Probleme des Tonansatzes und der vom Spieler sehr feinstufig und möglichst trägeheitsfrei regelbaren Dynamik und Klangfärbung von großer praktischer Bedeutung, da an diesen Eigenarten vom Hörer vor allem die Qualität eines Musikinstrumentes beurteilt wird. Die Mehrzahl der elektronischen Musikgeräte wird als unbefriedigend im Klang empfunden, weil der Tonansatz und die vom Spieler zu bedienenden Amplitudenregler als zu grob und unzuverlässig angesehen werden.

Es ist schon ein Amplitudenregler für elektrische Wechselströme vorgeschlagen worden, bei dem sich zwischen zwei Elektroden eine halbleitende Flüssigkeit befindet. Die Regelung erfolgt dann entweder in der Weise, daß eine der beiden Elektroden beweglich

Amplitudenregler für elektrische Musikinstrumente

Patentiert für:

Oskar Sala, Berlin-Charlottenburg

Oskar Sala, Berlin-Charlottenburg,
ist als Erfinder genannt worden

2

ist und sich der anderen mehr oder weniger nähern kann oder daß zwischen den beiden Elektroden eine bewegliche dritte Elektrode angeordnet ist, die sich den beiden festen Elektroden mehr oder weniger nähern kann. Dadurch wird an Stelle des kleinen Stromüberganges durch die Flüssigkeit ein größerer Stromübergang über die metallisch leitende dritte Elektrode bewirkt. Durch diese Flüssigkeitswiderstände wird eine besonders rauschfreie und genaue Amplitudenregelung erreicht. In elektrischen Musikinstrumenten sind diese Flüssigkeitsregler jedoch nicht verwendbar, weil ihr Regelbereich zu klein ist. So erfordern z. B. die Amplitudenregelungen zwischen den Schwingungserzeugern und den nachgeschalteten klangfarbenbestimmenden Formantkreisen Widerstandsänderungen von mehr als $1:10^4$. Diese Widerstandsänderungen müssen durch kleine Winkelbewegungen beherrscht werden, die durch Fingerdruck und -anschlag auf den Spielmanualen (Tasten, Schienen u. dgl.) entstehen. Dabei ist besonders wichtig, daß die Amplitude zuverlässig bis auf den Wert Null heruntergeregelt werden kann. Denn selbstverständlich darf ein Ton, der erst erklingen soll, nicht schon zuvor leise hörbar sein.

Bei einem solchen Flüssigkeitsregler, bei dem sich eine bewegliche dritte Elektrode bis auf je $\frac{1}{10}$ mm den beiden festen Elektroden nähern kann, zeigt eine einfache Rechnung, daß für einen Regelbereich von $1:10^4$ die bewegliche Elektrode $= 2 \text{ mal } 0,1 \text{ mm mal } 10^4 = 2 \text{ m}$ lang werden müßte. Dabei ist angenommen, daß nur die leitende metallische Elektrode durch einen volumgleichen Flüssigkeitsfaden ersetzt ist. In Wirklichkeit laufen diesem Flüssigkeitsfaden jedoch zahlreiche weitere parallel, da natürlich das ganze Gefäß, in dem sich die bewegliche Elektrode dreht, mit der halbleitenden Flüssigkeit ausgefüllt ist.

709 916/127

1 017 448

3

Je größer die Abmessungen dieses flüssigkeitsgefüllten Gefäßes werden, desto schlechter wird daher der Wirkungsgrad der Anordnung, auch wenn sich die bewegliche Elektrode den beiden festen Elektroden bis auf Bruchteile eines Millimeters nähert. Ein so geringer Abstand kann aber bei Regelvorgängen in elektrischen Musikinstrumenten nicht zugelassen werden, da unbedingt verhindert werden muß, daß sich die festen Elektroden und die bewegliche Elektrode berühren. Denn in diesem Fall würde ein plötzlicher Lautstärkesprung eintreten, der für die elektrischen Schaltungen gefährlich und für das Ohr störend wäre. Bei den sehr großen Verstärker-Lautsprecherleistungen, die elektrische Musikinstrumente für große Konzertsäle haben müssen, könnte ein solcher Kurzschluß im Lautstärkeregler verheerende Folgen haben.

Geht man aber zu konstruktiv noch tragbaren Abmessungen und zu Mindestabständen zwischen den drei Elektroden über, die eine Kurzschlußgefahr mit Sicherheit ausschließen, so erhält man kleine, für Regelzwecke in elektrischen Musikinstrumenten unbrauchbare Widerstandsregelungen. So könnte z. B. ein solcher Flüssigkeitsregler bei einem Durchmesser von 40 mm — wie er dem Durchmesser größerer mechanischer Drehregler entspricht — und einem kleinsten Abstand von einem Millimeter zwischen den beiden festen und der beweglichen Elektrode höchstens im Verhältnis 2 mal 1 : 40 = 1 : 20 regeln, wobei die parallelen Flüssigkeitsfäden durch das Gefäß diesen Regelbereich noch weiter verkleinern.

Ein weiterer schwerwiegender Nachteil eines solchen bekannten Reglers liegt darin, daß die bewegliche Elektrode als Magnetnadel ausgebildet ist und durch einen Eisenmagnet außerhalb des flüssigkeitsgefüllten Gefäßes gesteuert wird. Hierdurch werden nicht nur die Abmessungen des Reglers wesentlich vergrößert, sondern es wird auch eine beachtliche mechanische Masse in den Regelvorgang eingeführt. Bei den sehr raschen und schnell wechselnden Bewegungen sowie bei den stoßartigen Anschlagsarten (sforzato, martellato), die durch Fingerdruck und -anschlag auf den Manualen erzeugt werden, treten an dem Eisenmagnet sehr große Trägheitseffekte auf, zumal die kleinen Hebelauslenkungen am Manual von etwa höchstens 10° noch auf eine Drehung des Flüssigkeitsreglers um 90° herauftransformiert werden müssen. Wollte man den Eisenmagnet dagegen möglichst klein und leicht machen, so vergrößert sich durch die verringerte magnetische Kraftübertragung der Schlupf zwischen der Bewegung des Eisenmagnets und der innerhalb des Gefäßes befindlichen, in der Flüssigkeit sich mitdrehenden Magnetnadel. Für die Regelung in elektrischen Musikinstrumenten durch Finger- und Pedalbewegungen sind jedoch nur Widerstandsregler brauchbar, die ohne jeden Schlupf arbeiten. Denn der Schlupf wirkt sich nicht nur als ein Nachhinken der elektrischen Regelung hinter den Anschlagsbewegungen aus, sondern macht das Spielsystem auch für rasch wechselnde Bewegungsvorgänge unempfindlich.

Der bekannte Flüssigkeitsregler ist daher nur für solche Fälle anwendbar, wo es nur auf langsame Widerstandsregelungen in Verbindung mit kleinen Widerstandsänderungen ankommt.

Es sind auch Flüssigkeitsregler mit zwei festen und einer beweglichen Elektrode als Generatoren entwickelt worden, die mechanische Schwingungen, z. B. eines Tonabnehmers, in elektrische Schwingungen umwandeln. Hier liegen die beiden, möglichst dünnen, festen Elektroden mit der flächigen beweglichen Elek-

4

trode in einer Ebene. Wird an die beiden festen Elektroden eine Gleichspannung angelegt und die bewegliche Elektrode mit dem Gitter einer Hochvakuumröhre verbunden, deren Anode und Kathode ebenfalls an der Gleichspannung zwischen den beiden festen Elektroden liegen, so entsteht im Anodenkreis der Hochvakuumröhre ein Wechselstrom, wenn die bewegliche Elektrode sich in der Verbindungsebene zwischen den beiden festen Elektroden bewegt.

Während es bei diesem bekannten Flüssigkeitsregler darauf ankommt, mechanische Schwingungen möglichst amplituden- und frequenzgetreu in elektrische Schwingungen umzuwandeln, entsteht bei den Amplitudenreglern für elektrische Musikinstrumente umgekehrt das Problem, eine vorgegebene elektrische Wechselspannung möglichst weitgehend durch mechanische Bewegungen in der Amplitude zu verändern. Würde man beispielsweise den bekannten Regler so in einen Wechselstromkreis legen, daß die eine der beiden festen Elektroden und die bewegliche dritte Elektrode in den Wechselstromkreis geschaltet sind, während die zweite feste Elektrode am Nullpunkt des Wechselstromkreises liegt, so bliebe die Anordnung praktisch wirkungslos, wenn nicht außerordentlich große Verschiebungen der dritten Elektrode erfolgen, wie bereits am Beispiel des magnetischen Flüssigkeitsreglers gezeigt wurde. Das ist auch nicht anders, wenn man den Nullpunkt des Wechselstromes statt an eine der beiden festen Elektroden an die bewegliche Elektrode und den Wechselstromkreis zwischen die beiden festen Elektroden legt. Für eine Widerstandsregelung in einem reinen Wechselstromkreis kommt es bei den beiden bekannten Ausführungsformen des Flüssigkeitsreglers stets auf die variable Länge des Flüssigkeitsfadens zwischen den festen Elektroden an, und diese Länge nimmt für den geforderten Widerstandsbereich in beiden Fällen baulich untragbare Ausmaße an. Dabei gilt natürlich auch für den gleichstromfrei arbeitenden zweiten Flüssigkeitsregler, daß Nebenschlüsse durch die Flüssigkeit, in welcher die beiden festen Elektroden im Gefäß stehen, den errechneten Wirkungsgrad eines einzigen Flüssigkeitsfadens zwischen den festen Elektroden und der beweglichen dritten Elektrode noch bedeutend verschlechtern. Die erfindungsgemäße Lösung des neuen Amplitudenreglers beruht daher gegenüber den bekannten Lösungen vor allem darauf, daß die unerwünschten Folgen einer Widerstandsregelung durch Variation der Länge der Flüssigkeitsfäden zwischen den drei Elektroden ganz vermieden werden, indem die bewegliche Elektrode die Länge der Flüssigkeitsfäden zwischen den beiden festen Elektroden nicht verändert, sondern sie nur mehr oder weniger für die Wechselstromleitung dadurch unwirksam macht, daß sie diese Fäden an den Nullpunkt des Wechselstromflusses anlegt.

Der Amplitudenregler gemäß der vorliegenden Erfindung hat ebenfalls, wie der zuletzt erwähnte bekannte Regler, zwei feste und eine bewegliche Elektrode in einem mit Flüssigkeit gefüllten Gefäß, vermeidet aber die Nachteile des bekannten Reglers. Der erfindungsgemäße Regler erreicht dies dadurch, daß die dritte, geerdete oder mit dem Nullpunkt des zu regelnden Wechselstromes verbundene Elektrode einen beliebigen Teil des Querschnittes der Flüssigkeitssäule zwischen den festen Elektroden abdecken kann. Die die Amplitudenregelung herbeiführende Bewegung führt man zweckmäßigerweise so durch, daß man die bewegbare Elektrode an einem Arm eines zweiarmigen Hebels befestigt, der um eine parallel

1 017 448

5

zur Verbindungslinie der festen Elektroden gerichtete Achse drehbar ist. Die äußere Kraft, die den Regler betätigt, greift dann an dem Arm des Hebels an, der nicht die bewegliche Elektrode trägt. Durch eine am Hebel befestigte Rückholfeder wird der Hebel mit der beweglichen Elektrode bei Aufhebung der äußeren Kraft wieder in die Ruhelage zurückgebracht, so daß der Widerstand des Reglers seinen größten Wert annimmt und den Stromkreis sperrt.

In der Zeichnung sind einige Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes dargestellt. Es zeigt

Abb. 1 eine Aufsicht auf einen Amplitudenregler mit geradem Hebel, der für die Betätigung vom Manual aus geeignet ist, mit einer der möglichen Prinzipschaltungen des Reglers zwischen Tonerzeuger und Verstärker des elektrischen Musikinstrumentes,

Abb. 2 eine Seitenansicht des gleichen Reglers wie in Abb. 1,

Abb. 3 einen Amplitudenregler mit gewinkelttem Hebel für die Betätigung mit einem Pedal,

Abb. 4 zwei hintereinandergeschaltete Amplitudenregler, bei denen die Kopplung so ausgebildet ist, daß der zweite Regler erst nach einer bestimmten Bewegung des ersten Reglers anspricht,

Abb. 5 zwei durch dieselbe Kraft betätigte Amplitudenregler, die räumlich so zueinander angeordnet sind, daß der eine Regler vor dem anderen mit der Regelung beginnt,

Abb. 6 zwei gekoppelte Amplitudenregler, die von derselben Kraft gleichzeitig betätigt werden, aber infolge der verschiedenen Länge ihrer Hebelarme eine verschieden steile Regelung bewirken, und

Abb. 7 die Widerstandskennlinie des Amplitudenreglers in Abhängigkeit von der Hubhöhe der Elektrode C.

Zwei feste Elektroden A und B tauchen in ein mit einem elektrischen Halbleiter in flüssiger Form, z. B. Glycerin, gefülltes Metallgefäß D, wodurch zwischen ihnen eine leitende Verbindung hergestellt ist. Zwischen die festen Elektroden A und B kann eine um den Drehpunkt L bewegliche dritte Elektrode C so eingeschoben werden, daß sie bei völligem Eintauchen in die Flüssigkeit die beiden festen Elektroden A und B elektrisch voneinander trennt, da die bewegliche Elektrode C an Erde bzw. am Nullpunkt des durch den Wechselstromkreis fließenden Stromes liegt. Wird die Elektrode C durch Druck auf die Schraube S gehoben, die an dem über den Drehpunkt L verlängerten Hebelarm H sitzt, etwa mittels eines darüber angebrachten Manuals, einer Taste od. dgl., so wird der Erdschluß mehr oder weniger aufgehoben, und es fließt zwischen den Elektroden A und B ein der freigegebenen Flüssigkeitssäule proportionaler Wechselstrom. Durch die Feder F wird die bewegliche Elektrode C bei Nachlassen des äußeren Druckes auf die Schraube S in die Sperrstellung zurückgeführt, und die Amplitude des zwischen den Elektroden A und B fließenden Wechselstromes geht auf Null zurück.

Eine der möglichen Schaltungsanordnungen des Amplitudenreglers zeigt Abb. 1. Der im Tonerzeuger T erzeugte Tonwechselstrom ist an eine der beiden festen Elektroden A geführt. An der anderen festen Elektrode B liegt der Verstärkereingang. Die bewegliche Elektrode C ist mit dem Nullpunkt (Erdeleitung) des in T erzeugten und in V verstärkten Tonwechselstromes verbunden. Bei völlig eingetauchter Elektrode C kann kein Strom zwischen A und B übergehen, da die metallische Elektrode C den Tonwechselstrom zur Erde ableitet und gleichzeitig auch den Verstärkereingang erdet. Sobald sich die beweg-

6

liche Elektrode aus der Flüssigkeit hebt, wird ein mehr oder weniger großer Teil des Querschnittes der Flüssigkeitssäule zwischen A und B freigegeben. Der maximale Stromübergang und damit die maximale Amplitude des Tonwechselstromes ist erreicht, wenn die bewegliche Elektrode C völlig aus der Flüssigkeit herausgehoben ist.

Abb. 7 zeigt die Widerstandskennlinie des Amplitudenreglers in Abhängigkeit von der Hubhöhe der Elektrode C. Auf der Abszisse sind die Hubhöhen in mm zwischen »ganz eingetaucht« = Hubhöhe 0 bis »ganz herausgehoben« = Hubhöhe 12 mm eingetragen. Die Ordinate gibt in logarithmischem Maßstab den Widerstand in Ohm zwischen den beiden festen Elektroden A und B an. Parallel zur Abszisse sind noch die physiologischen Lautstärken pp (pianissimo) bis ff (fortissimo) eingetragen, die den jeweiligen Hubhöhen etwa entsprechen. Abb. 7 zeigt, daß der Widerstand zwischen A und B nahezu logarithmisch mit der Hubhöhe abnimmt. Das ist insofern von erheblicher praktischer Bedeutung, als auch die physiologische Lautstärkeempfindung nach einem logarithmischen Gesetz verläuft und damit zwischen der Hubhöhe durch Fingerdruck und der Lautstärkeempfindung eine etwa lineare Beziehung hergestellt wird. Das entspricht der aus der Verstärkertechnik mit Potentiometern bekannten logarithmischen Kennlinie bei Regelschaltungen von Tonwechselströmen. Mit dieser Kennlinie und der Verriegelung des Wechselstromflusses schon vor Erreichen der vollen Eintauchtiefe, bei 1 bis 2 mm Hubhöhe, wird eine sehr weiche und absolut zuverlässige Einblendung der Tonwechselspannung vom Nullwert bis zur höchst möglichen Lautstärke erreicht. Da die geerdete Elektrode C gleichzeitig auch als statische Abschirmung zwischen den Elektroden A und B wirkt, werden bei der Nullstellung auch kapazitive Stromübergänge zwischen diesen beiden Elektroden ausgeschaltet.

Während somit durch die Bewegung der Elektrode C in der Flüssigkeit keine Abnutzung oder Geräusche mehr entstehen können und der Kraftaufwand gegenüber den anderen kräftebrauchenden Manualeinrichtungen durch die sehr klein und leicht zu haltenden Abmessungen des Amplitudenreglers überhaupt nicht mehr ins Gewicht fällt, ist mit dieser neuen Bauart des Reglers zugleich eine völlige Unabhängigkeit von äußeren Druckkräften insofern erreicht, als sich bei wechselndem Manualdruck die Elektrode C aus der Flüssigkeit heraushebt, während die für die musikalische Wirkung besonders wichtigen Feinvorgänge bei nahezu vollständig eingetauchter Elektrode erfolgen, wo die aufzuwendenden äußeren Drücke minimal sind und nur noch die Rückstellkraft der Feder wirksam bleibt. Die Anordnung ist daher praktisch unverwundlich und ermöglicht eine stets genaue Einstellung, so daß sich das für musikalische Wirkungen wesentliche Moment der Übung des Spielers voll auswirken kann. Da eine Grenze für die bei ganz gehobener Elektrode C entstehende Lautstärke durch diese Konstruktion nicht vorgegeben ist, können selbst sehr große dynamische Bereiche von Null an mit großer Empfindlichkeit geregelt werden.

Zur Vermeidung unerwünschter Nebenschlüsse zwischen der Rückseite der festen Elektroden A und B und dem Metallgefäß D werden diese, wie auch die Innenseite des Metallgefäßes D, mit einem isolierenden Lack überzogen, und zwar so, daß in dem Gefäß D nur ein schmaler Mittelstreifen, auf welchen die eingetauchte Elektrode C trifft, metallisch bleibt. Um ferner Sekundärvorgänge zwischen den Elek-

1 017 448

7

troden und der halbleitenden Flüssigkeit zu vermeiden, empfiehlt sich ein metallischer Niederschlag auf den Elektroden, der möglichst hochglanzpoliert sein soll. Für Glycerin hat sich ein Überzug von Chrom als geeignet erwiesen; bei anderen Elektrolyten kann man andere entsprechend chemisch inaktive Überzüge herstellen.

Für die Betätigung des neuen Amplitudenreglers durch ein Spielmanual hat dieser neue Regler den Vorteil, daß kein Schlupf auftreten kann, weil der Angriffspunkt der Kraft an der Schraube S und die regelnde dritte Elektrode C starr miteinander verbunden sind. Außerdem treten keine merklichen Trägheitskräfte auf, da die Regelbewegungen im Verhältnis 1:1 auf die Elektrode C übertragen werden und die Masse der beweglichen Teile gegenüber allen anderen Manualeinrichtungen vernachlässigbar klein bleibt.

Der Regler kann ferner keine Eigenschwingungen ausführen, da die Schraube S ständig an den beweglichen Manualeilen durch die Rückstellkraft der Feder F anliegt. Die Rückstellkraft der Feder F und die Reibung des Reglers im Lager L und in der Flüssigkeit sind wegen der kleinen Abmessungen des Reglers gegenüber den entsprechenden Werten der Manualeinrichtungen ebenfalls vernachlässigbar klein. So können z. B. mehrere solcher Regler unter einer normalen Klaviertaste untergebracht werden, ohne daß dadurch der erforderliche Fingerdruck merkbar vergrößert wird.

Für die Betätigung des neuen Amplitudenreglers durch Pedale hat diese Konstruktion den Vorteil, daß die verhältnismäßig groben Bewegungen des Fußes und die erheblichen mechanischen Kräfte der eigentlichen Pedalanordnung von dem Amplitudenregler praktisch vollkommen entkoppelt werden können. In Abb. 3 ist schematisch die Rückansicht eines Pedals P dargestellt, das der Größe des aufsitzenden Fußes entsprechend gedacht werden muß. Durch einen dünnen Faden F ist der Amplitudenregler an das Pedal angekoppelt. Bewegt sich das Pedal z. B. in die gestrichelt eingezeichnete Stellung, so wird durch den Faden F auch die Elektrode C bewegt. Irgendwelche direkten Einwirkungen der groben Pedalkräfte auf den feinempfindlichen Amplitudenregler sind ausgeschlossen, und damit ist auch dieses System praktisch unverwundlich. Es hat sich sogar gezeigt, daß mit Pedalbewegungen bisher für unmöglich gehaltene Feinheiten und schnelle Reaktionen erlernbar werden, die man bisher nur durch feiner differenzierte Organe bewältigen konnte, wie, beispielsweise die Klangfarbenbeeinflussung eines gespielten Tones.

Je nach dem Abstand der Schraube S von dem Drehpunkt L des Hebels H oder je nach der Länge der Hebelarme H_1 und H_2 lassen sich leicht alle möglichen Übersetzungsverhältnisse einstellen, so daß man die kleinen Bewegungen durch den Fingerdruck und -anschlag oder die wesentlich größeren des Pedals zur Betätigung des Reglers heranziehen kann: Auf diese Weise läßt sich immer erreichen, daß die Finger- oder Fußbewegungen in die gewünschten kleinen Hubbewegungen der Elektrode C umgewandelt werden.

Sowohl die Manual- als auch die Pedalanordnungen lassen sich in verschiedenster Weise durch Mehrfach-Amplitudenregler erweitern, indem man mehrere einzelne Regler so miteinander koppelt, daß sie gleichzeitig und von der gleichen äußeren Kraft betätigt werden. Dabei kann es erwünscht sein, daß der zweite oder irgendein anderer Regelvorgang erst später be-

8

ginnen soll als der erste. Bei Pedalen kann hierfür beispielsweise eine Anordnung nach Abb. 4 gewählt werden. Ein zweiter Amplitudenregler E_2 wird an den ersten Amplitudenregler E_1 durch einen Faden F_2 so angekoppelt, daß der Faden F_2 erst nach einer bestimmten Auslenkung von E_1 so gespannt wird, daß von jetzt an auch der Amplitudenregler E_2 mitgenommen wird.

Bei Manualen lassen sich verschiedene nacheinander eintretende Regelungen leicht nach Abb. 5 in der Weise erreichen, daß von einem Manual mehrere Regler E_1 und E_2 betätigt werden, die mit den Schrauben S_1 und S_2 verschiedener Länge versehen sind, so daß bei Niederdrücken des Manuals die Bewegung des Reglers E_1 früher beginnt als die des Reglers E_2 . Durch die verstellbare Länge der Schrauben S_1 und S_2 kann die Zeitdifferenz zwischen dem Einsatz der ersten Regelung und dem Einsatz der zweiten Regelung genau festgelegt werden.

Eine andere Lösung nach Abb. 6 zeigt den Fall, daß zwar beide Amplitudenregler E_1 und E_2 gleichzeitig bewegt werden, der Regler E_1 jedoch das Maximum langsamer erreicht als der Regler E_2 , weil der Hebelarm H' des Reglers E_1 kürzer ist als der Hebelarm H'' des Reglers E_2 . In dieser und ähnlicher Weise lassen sich praktisch alle Arten vorgeschriebener Einblendverläufe verwirklichen, wobei der geringe technische Aufwand solche verschiedenartigen Abläufe auch als Vorbereitungen, etwa durch Einblendregister, ermöglicht. So können z. B. harmonische Komplexe von Tönen dadurch spezifiziert werden, daß gewisse Bestandteile derselben erst bei wechselndem Manualdruck oder größerer Pedalbewegung hervortreten, also durch eine Art Generalschweller, die sich von denen der Orgel jedoch dadurch unterscheiden, daß alle hinzukommenden Töne und Klangfarben stetig wachsend eingeblendet werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Amplitudenregler für elektrische Musikinstrumente unter Verwendung eines veränderlichen elektrischen Widerstandes, der aus zwei in dem zu regelnden Stromkreis liegenden, in einem mit einer halbleitenden Flüssigkeit gefüllten Gefäß angebrachten Elektroden und einer zwischen den festen Elektroden bewegbaren dritten Elektrode besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte, geerdete oder mit dem Nullpunkt des zu regelnden Wechselstromes verbundene Elektrode (C) einen beliebigen Teil des Querschnitts der Flüssigkeitssäule zwischen den festen Elektroden (A , B) abdecken kann.

2. Amplitudenregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bewegbare Elektrode (C) an dem einen Arm eines zweiarmigen Hebels (H) befestigt ist, der um eine parallel zur Verbindungslinie der festen Elektroden (A , B) gerichtete Achse (L) drehbar ist.

3. Amplitudenregler nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Kraft (M oder P) zur Betätigung des Reglers an dem Arm des Hebels (H) angreift, der nicht die Elektrode (C) trägt, und an dem die Elektrode (C) tragenden Arm des Hebels (H) eine die Rückstellkraft bildende Feder (F) angreift.

4. Amplitudenregler nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Hebel (H) in seinem Drehpunkt (L) gewinkelt ist.

5. Amplitudenregler nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem die Elek-

1 017 448

9

trode (C) bewegenden Hebel (H) und der angreifenden äußeren Kraft (M, P) eine nicht starre Verbindung (F) vorgesehen ist.

6. Amplitudenregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5 für die gleichzeitige Regelung mehrerer Schwingungsvorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Regler für die verschiedenen Schwingungsvorgänge so miteinander mechanisch gekoppelt sind, daß jeder Regler die äußere Kraft (M, P) an den nächstfolgenden Regler derart weiterleitet, daß die Regelung der einzelnen Schwingungsvorgänge zeitlich nacheinander beginnt.

7. Amplitudenregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5 für die gleichzeitige Regelung mehrerer Schwingungsvorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Regler (E_1 , E_2) mit dem gemeinsamen Betätigungsorgan direkt gekoppelt

10

sind und die Regelung der einzelnen Schwingungsvorgänge zu verschiedenen Zeiten beginnt.

8. Amplitudenregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5 für die gleichzeitige Regelung mehrerer Schwingungsvorgänge, dadurch gekennzeichnet, daß an den einzelnen, für die verschiedenen Schwingungsvorgänge vorgesehenen und von der gleichen Kraft betätigten Amplitudenreglern entweder die Angriffspunkte der äußeren Kraft oder die Länge ihrer Hebelarme verstellbar sind, so daß bei gleichzeitiger Betätigung die einzelnen Schwingungsvorgänge verschieden steil geregelt werden.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Deutsche Patentschriften Nr. 534 999, 628 687;
USA.-Patentschrift Nr. 2 279 815.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

ZEICHNUNGEN BLATT 1

AUSGABETAG: 3. APRIL 1958

DBP 1 017 448

KL. 51f 2/01

INTERNAT. KL. G10h

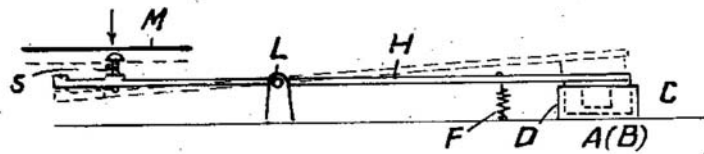


Abb. 2



Abb. 1

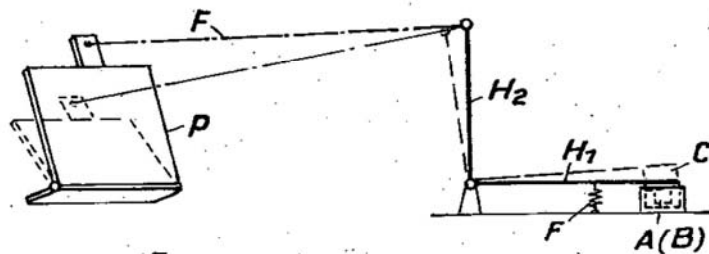


Abb. 3

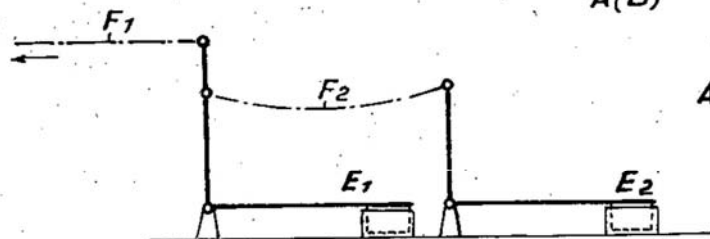


Abb. 4

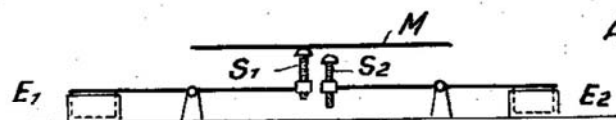


Abb. 5

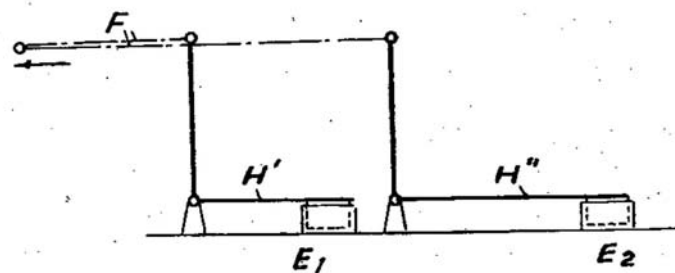


Abb. 6

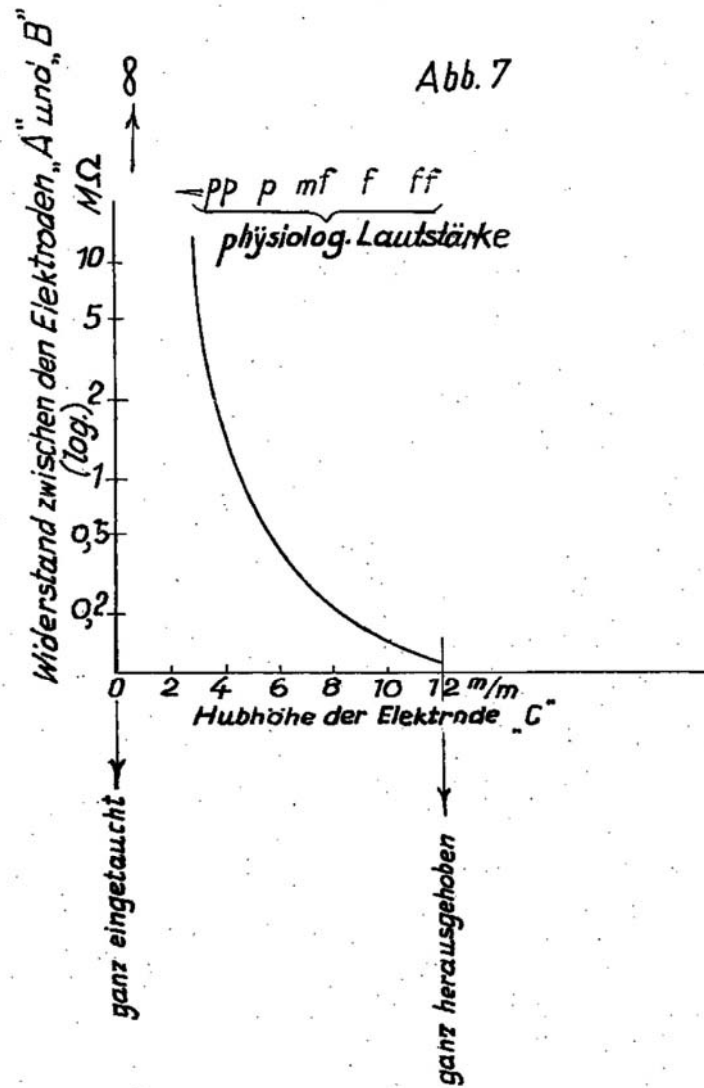
ZEICHNUNGEN BLATT 1

AUSGABETAG: 3. APRIL 1958

DBP 1 017 448

KL. 51f 2/01

INTERNAT. KL. G10h



709 916/127

3. Listen von Kompositionen für Trautonium aus dem untersuchten Nachlass Oskar Salas

Die nachfolgend wiedergegebenen Listen von Kompositionen für die verschiedenen Trautonium-Modelle können lediglich exemplarisch die Vielfalt der Arbeiten verschiedener Komponisten sowie der Aktivitäten Salas mit seinen verschiedenen Trautonium-Modellen reflektieren. Für einen umfassenden Überblick müsste der gesamte Nachlass Oskar Salas ausgewertet werden.

Im Vergleich zu den meisten elektroakustischen Musikinstrumenten, die vor dem zweiten Weltkrieg konstruiert wurden, zeichnet sich das Trautonium durch ein breites Interesse damaliger Komponisten aus. Ein Großteil von ihnen waren Kommilitonen Oskar Salas an der Berliner Musikhochschule, die im Laufe ihres Kompositionsstudiums mit dem Trautonium in Kontakt kamen. Der bekannteste unter ihnen, der die beiden größten Werke für das Trautonium als Soloinstrument schuf, war der um ein Jahr ältere Komponist Harald Genzmer. Zwar stammt die Mehrzahl an Kompositionen für Trautonium von Oskar Sala selbst, wurde von ihm jedoch hauptsächlich erst nach 1945 geschaffen und bestand wiederum zu einem großen Teil aus Auftragswerken für Rundfunk und Film. Die ersten Kompositionen für Trautonium, die sieben Trio-Stücke, stammen von Paul Hindemith.⁸⁹⁴ Aufgrund von Kriegsverlusten ist die Liste erhaltener Werke aus der Zeit vor 1945 erheblich geschrumpft. Lediglich Hinweise auf vormals existierende Werke sind aus Salas Nachlass noch erhalten. Zusätzlich weisen seine Korrespondenzen auf weitere Werke hin, die für ihn, oder von ihm selbst verfasst, in der bisherigen Forschung jedoch noch nicht aufgefunden wurden. Eine ausführliche Liste von Kompositionen Oskar Salas ist in der Publikation *Internationale Dokumentation Elektroakustischer Musik* zu finden, die von Folkmar Hein und Thomas Seelig herausgegeben wurde.⁸⁹⁵

⁸⁹⁴ Vgl. Abschnitt III.3. *Die Konzeption des Trautoniums an der Rundfunkversuchsstelle*, S. 216–263 sowie III.6.1) *Rundfunk-Trautonium*, S. 279–288 in dieser Untersuchung.

⁸⁹⁵ Folkmar Hein/Thomas Seelig (Hrsg.): *Internationale Dokumentation Elektroakustischer Musik*, Saarbrücken 1996, S. 297–300. Legendes von S. 417–421.

Die nachfolgende Liste stellt eine Übertragung aus Salas Nachlass dar. Sie ist ein Typoskript biographischer Daten Salas, Kompositionen für Trautonium, eigener künstlerischer Tätigkeiten sowie Publikationen und wurde von Sala zusammengestellt für die Agentur Winderstein, heute Concerto Winderstein. Nachträgliche Eintragungen Salas per Hand sind in eckigen Klammern an den entsprechenden Stellen eingefügt.

»Oskar Sala

geb. 1910 in Greiz, Thüringen; studierte Klavier, Komposition (bei Paul Hindemith) und Naturwissenschaften; arbeitete mit Friedrich Trautwein seit 1930 an dessen Trautonium; konstruierte 1940 das Konzerttrautonium für Harald Genzmers ersten Trautoniumkonzert (Konzerterstaußf. 1940, Berlin, Philharmonie, Ltg. Schuricht, seitdem mehr als 25 Auff. im In- und Ausland); entwickelte 1950-52 das Mixturtrautonium (s. beiliegender Prospekt); spielte in den letzten Jahren außerdem:

1. Harald Genzmer „Konzert für Trautonium und Orchester (1937)
bish. u.a. in Berlin, Bremen, Budapest, Duisburg, Essen, Hilversum, Leipzig, Münster, Straßburg, Stuttgart.
Besetzung: Streicher, doppeltes Holz, doppeltes Blech und Baßtuba.
Dauer etwa 18 min. 3 Sätze: breit-lebhaft, sehr ruhig und getragen, Rondo.
2. Julius Weismann »Variationen und Fuge über ein eigenes Thema« op. 143 für Trautonium und großes Orchester; in Berlin, Bremen, Weimar.
3. Arthur Honegger »Elektro-akustische Stimme (Ondes)« in Jeanne d'Arc; in Berlin, Bremen, Hamburg, München, Rom, Stuttgart.
4. »Parsifal-Glocken« in Berlin, Neapel.
5. Eigene Kompositionen
 - a. Suite und Reihe kleiner Stücke für Mixturtrautonium; Bandaufnahme bei Rias, NWDR Berlin, Radio Bremen;
 - b. elektronische Tonbandstudien mit dem Mixturtrautonium (»Thema mit Variationen für drei Mixturinstrumente«, »Concertino für Mixturtrautonium und elektrisches Fantasieorchester«, Bandaufnahmen Radio Bremen; »Konzertante Variationen über ein eigenes Thema« Bandaufnahme NWDR Berlin.«⁸⁹⁶

⁸⁹⁶ Übertragung aus einem Brief Oskar Salas an Winderstein vom 8. Dezember 1953. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12378, fol. 1953/342.

»Oskar Sala

Programmauszug 1940 – 1953

1. Harald Genzmer ›Trautonium – Konzert‹ (1937)
u.a. in Berlin, Budapest, Duisburg, Essen, Hilversum, Leipzig, Münster, Straßburg.
2. Julius Weismann ›Variationen und Fuge über ein eigenes Thema‹ [handschr.: für Traut. u. großes Orchester] op. 143 (1943)
in Berlin, Bremen, Weimar
3. Arthur Honegger ›elektro-akustische Stimme (Ondes)‹ in Jeanne d’Arc
in Berlin, Bremen, Hamburg, München, Rom, Stuttgart.
4. ›Parsifal-Glocken‹ in Berlin, Neapel.
5. Oskar Sala ›Kompositionen für Mixturtrautonium‹
Bandaufnahmen bei Rias Berlin, NWDR Berlin, Radio Bremen.
6. Oskar Sala ›Elektronische Tonbandstudien mit Mixturtrautonium‹
›Thema mit Variationen für drei Mixturinstrumente‹ (Radio Bremen);
›Concertino für Mixturtrautonium und elektrisches Fantasieorchester‹
(Radio Bremen);
›Konzertante Variationen über ein eigenes Thema‹ (NWDR Berlin).
7. Hörspielmusiken mit dem Mixturtrautonium
u.a. ›Faust I‹, ›Die Teufelsgeige‹, ›Das letzte Haus an der Straße‹, ›Der Mann mit dem Hämmerchen‹, ›Des Teufels Träne‹, ›Merlin‹, ›Mann im Mond‹, ›Berlin bei Nacht‹, ›Ballade vom verschütteten Leben‹ (Heuser, Majewski, Sala, Walter).
8. Filmmusiken mit dem Mixturtrautonium auf Berliner Bühnen
u.a. ›Die Treppe‹ (Trantow), ›Püostlagern Turteltaube‹ (Majewski), ›Drei Mädchen spinnen‹ (Milde-Meißner), ›Botschafter der Musik‹ (Philharmoniker-Film), ›Verzauberter Niederrhein‹ (Sala), ›Das tanzende Herz‹ (Schultze).
9. Schauspielmusik mit dem Mixturtrautonium auf Berliner Bühnen
u.a. ›Faust I‹ (Dessau), ›Der seidene Schuh‹ (Honegger), ›Sodom und Gomorra‹ (Henze), ›Sturm‹ (Heuser), ›Die tätowierte Rose‹ (Riethmüller).
10. Oskar Sala, Vorträge mit Demonstrationen
›Zauberwelt der Klangfarbe‹ (NWDR Berlin)
›Etwas über das Trautonium‹ (Rias Berlin)

Veröffentlichungen von Oskar Sala:

- ›Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums‹, Frequenz, Berlin, 12/1949, 1/1950
- ›Das Mixturtrautonium‹, Melos, Mainz, 9/1950
- ›Das Mixturtrautonium‹, Physikalische Blätter, 9, 1950
- ›Psycho-physische Konsequenzen elektro-akustischer Klangsynthesen[‹], Frequenz, Berlin, 1/1951
- ›Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen‹, Frequenz, Berlin, 9/1951
- ›Das neue Mixturtrautonium‹, Musikleben, Mainz, 10/1953

Alleinvertretung:

CONCERTO – C! W. WINDERSTEIN

München 2, Sendlinger Str. 55, Tel. 290 483, 290 545 – 47, Telegramme: Concerto
München«⁸⁹⁷

Die nachfolgend aufgeführte Liste ist ebenfalls die Übertragung eines Typoskripts. Sala fertigte sie auf Bitte Werner Meyer-Epplers an, der die Beiträge für den unter der Schirmherrschaft Hermann Scherchens in Gravesano abgehaltenen internationalen Kongress ›Musik und Elektroakustik‹ zusammenstellte.⁸⁹⁸ Die Liste befindet sich heute als Kopie im Nachlass Salas und ist auf den 1. Dezember 1954 datiert. Aus den Korrespondenzen Salas geht noch eine weitere Komposition hervor, die Jürg Baur, soweit aus seinen Angaben zu schließen zu Jahresbeginn von 1956 begann.⁸⁹⁹ Es handelt sich dabei um ein *Trautoniumconcerto* für Mixturtrautonium und Streichquartett, das in Zusammenarbeit mit dem Schäffer-Quartett bei Radio Bremen mit Unterstützung Siegfried Goslichs Ende 1957 aufgenommen wurde.⁹⁰⁰

⁸⁹⁷ Ebenda, fol. 1953/343.

⁸⁹⁸ Vgl. den Beitrag Oskar Sala: *Elektronische Klanggestaltung mit dem Mixtur-Trautonium*, in: Werner Meyer-Eppler (Hrsg.), *Musik, Raumgestaltung, Elektroakustik. Internationaler Kongreß ›Musik und Elektroakustik‹*, Mainz 1955, S. 78–87.

⁸⁹⁹ Vgl. Postkarte Jürg Baur an Oskar Sala, vom 28.1.56 (Poststempel 30.1.56). Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12388, fol. 1956/049.

⁹⁰⁰ Vgl. zu Aufnahmemöglichkeit in Studio Radio Bremens: Brief Oskar Salas an Jürg Baur vom 5. Mai 1956. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12388, fol. 1956/029. Über den weiteren

- | | |
|--------------------------|---|
| » 1. Paul Hindemith | Kleine Kompositionen für drei Trautonien (1930) |
| 2. “ | Concertino für Traut. und Streichorchester (1931) |
| 3. Harald Genzmer | Musik für Traut. u. Blasorchester (1936) |
| 4. “ | Konzert für Traut. u. Orchester (1937) |
| 5. Oskar Sala | Suite für Trautonium (1937) |
| 6. Harald Genzmer | (Suite für Traut. u. Klavier (1938) |
| 7. Wolfgang Friebe | Capriccio für Traut. u. Orchester (1938) |
| 8. Arthur Honegger | Jeanne d’Arc (erstmals mit Tr. 1940) |
| 9. Georg Häntzschel | Intermezzo f. Tr. u. Orchester (1940) |
| 10. Gustav Adolf Schlemm | Capriccio über 6 Oktaven f. Tr. u. Klav. (1940) |
| 11. Harald Genzmer | Sonate für Traut. u. Klavier (1940) |
| 12. Fried Walter | Elegie und Humoreske f. Tr. u. Orch. (1941) |
| 13. Hermann Ambrosius | Rhapsodie für Traut. u. Orchester (1941) |
| 14. Julius Weismann | Thema, Variationen und Fuge f. Tr. u. Orch. (1941) |
| 15. Paul Dessau | Bühnenmusik zu Faust I (1949) Mixturtr. solo |
| 16. Oskar Sala | Suite für Mixturtrautonium (1950) |
| 17. Klaus Jungk | Musik für MTR und Streichquartett (1951) |
| 18. Paul Dessau | Lukullus (1951) |
| 19. Harald Genzmer | Konzert für MTR und Orchester (1952) |
| 20. Oskar Sala | Konzert für MTR und elektronisches Schlagwerk
(1954)« ⁹⁰¹ |
| 21. Jürg Baur | <i>Trautoniumconcerto für MTR und Streichquartett</i>
(1956) |

Verlauf der Aufnahmedurchführung vgl. die Korrespondenz zwischen Sala und Baur. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12391, fol. 1957/023, 1957/024, 1957/029, 1957/030, 1957/032. Über die erfolgte Aufnahme und die Sendung durch den Bayerischen Rundfunk vgl. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12393, fol. 1958/031–1958/035.

⁹⁰¹ Übertragung aus einem Brief Oskar Salas an Werner Meyer-Epplers vom 1. Dezember 1954. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12381 G–N, fol. 1954/194. Am 26. November legt Meyer-Eppler seinen Entwurf einer Werkliste seinem Schreiben bei. Vgl. Brief Werner Meyer-Epplers an Oskar Sala. Deutsches Museum, Archiv, NL218 Vorl. Nr. 12381, fol. 1954/195c. Die Nummer 21 ist hier der Vollständigkeit halber nachgetragen.

VI. Quellen- und Literaturverzeichnis

1. Verzeichnis verwendeter Archivalien

1) Archiv des Deutschen Museums München

Nachlass Oskar Salas: NL218

Bei der Angabe der Nummerierungen im Nachlass Oskar Salas handelt es sich um die vorläufigen Nummerierungen.

NL218 Vorl. Nr. 3543	Korrespondenz mit Hindemith bzw. Rubeli
NL218 Vorl. Nr. 12364	Briefe '45 – '51
NL218 Vorl. Nr. 12365	Briefe '48 – '51
NL218 Vorl. Nr. 12366	Briefe Trautweins an Salas Mutter '37
NL218 Vorl. Nr. 12371	Korrespondenz A–O '50 – '52
NL218 Vorl. Nr. 12374	Rechtsstreit
NL218 Vorl. Nr. 12375	Rechtsstreit
NL218 Vorl. Nr. 12376	Korrespondenz A–M '53
NL218 Vorl. Nr. 12377	Patente
NL218 Vorl. Nr. 12378	Korrespondenz N–Z '53
NL218 Vorl. Nr. 12379	Korrespondenz mit Trautwein '53
NL218 Vorl. Nr. 12383	Korrespondenz mit Trautwein '54
NL218 Vorl. Nr. 12387	Korrespondenz mit Trautwein '55
NL218 Vorl. Nr. 12388	Korrespondenz A–G '56
NL218 Vorl. Nr. 12389	Korrespondenz H–Z '56
NL218 Vorl. Nr. 12390	Todesanzeige Trautweins, Nachruf Salas '56
NL218 Vorl. Nr. 12392	Korrespondenz L–Z '57

2) Archiv der Universität der Künste

Bestand 1: Historisches Schriftarchiv

daraus:

Jahrbücher der Staatlichen Akademischen Hochschule für Musik in Berlin zu Charlottenburg:

50. Jahresbericht (1.10.28 – 30.9.29):	Bestand 1, D9
51. Jahresbericht (1.10.29 – 30.9.30):	Bestand 1, D10
52. Jahresbericht (1.10.30 – 30.9.31):	Bestand 1, D11
53. Jahresbericht (1.10.31 – 30.9.32):	Bestand 1, D12
54. Jahresbericht (1.10.32 – 30.9.33):	Bestand 1, D13
55. Jahresbericht (1.10.33 – 30.9.34):	Bestand 1, D14
56. Jahresbericht (1.10.34 – 30.9.35):	Bestand 1, D15
57. Jahresbericht (1.10.35 – 30.9.36):	Bestand 1, D16

Bestand 1, Nr. 598

Bestand 1, Nr. 704

Bestand 1b: Rundfunkversuchsstelle

3) Archiv der Humboldt-Universität zu Berlin

Humboldt-Universität zu Berlin, Universitätsarchiv, Bestand Rektorat Nr. 121.

Humboldt-Universität zu Berlin, Universitätsarchiv, *Verzeichnis der Studierenden*, Sommersemester 1931.

4) Bundesarchiv

Empfehlungsschreiben Paul Hindemiths für Jörg Mager:

BArch R 32/320

BArch R 55/1142

5) Bildarchiv des Musikinstrumenten-Museums Berlin PK

Re4 JE 01	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 02	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 03	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 05	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 10	Atelier Knud Petersen
Re4 JE 11	Atelier Knud Petersen
Re4 JE 13	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 15	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 17	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 23	Atelier Knud Petersen
Re4 JE 27	Foto: Knud Petersen
Re4 JE 29	Foto: Knud Petersen
Re8 JE 03	Reproduktion: Knud Petersen
Re8 JE 05	Reproduktion: Knud Petersen
Re8 JE 06	Foto: Knud Petersen
Re8 JE 09	Reproduktion: Knud Petersen
Re8 JE 13	Urheber unbekannt
Re8 JE 17	Reproduktion: Irmgard Ott
HA SIM 001	Urheber unbekannt

2. Zeitschriften

Archiv für Musikorganologie

Archiv für Musikwissenschaft

Computer Music Journal

Die Musik

die Reihe. Informationen über serielle Musik

Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik

Melos

McClure's Magazine

Musikblätter des Anbruchs

MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik

Neues Musikblatt

Physikalische Blätter

Theater der Zeit

The North American Review

Zeitschrift für Ethnologie

Zeitschrift für Instrumentenbau

Zeitschrift für Musik

3. Internetauftritte

<https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?window=1&space=menu&content=index&action=index>

<http://www.dra.de/online/dokument/2010/dok2010-2.html>

<http://www.luigi-bevilacqua.com/eng/tessuti-pregiati.php>

<http://www.midisoft.de/>

<http://www.mixtur-trautonium.de/>

<http://www.moogmusic.com>

<http://www.oskar-sala.de/oskar-sala-fonds/100-jahre-oskar-sala/>

<http://www.rcatheremin.com>

<http://www.thereminworld.com>

<http://www.trautoniks.de>

<http://www.trautonium2000.de/>

4. Literatur

Adler, Guido: *Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft*, in: *Vierteljahresschrift für Musikwissenschaft*, Nachdruck der Originalausgabe von 1885, Hildesheim 1966, S. 5–20.

Ahrens, Christian: *Blechblasinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 91–127.

Allihn, Ingeborg u.a.: *Art. Berlin*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 1, Kassel u.a. 1994, Sp. 1417–1486.

Anonym: *Verschiedenes*, in: *Zeitschrift für Musik* 102/7 (1935), S. 830–832.

Anonym: *Elektrisches Musikinstrument von Ernst Lorenz in Frankfurt a.M. No. 33507 vom 12. März 1885*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 11/VI (1886), S. 139.

Anonym: *Die Elektrizität in ihrer Anwendung auf Kirchenorgeln*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 35/IV (1884), S. 442.

Antokoletz, Elliott: *Middle-period String Quartets*, in: Malcolm Gillies (Hrsg.), *The Bartók Companion*, London 1993, S. 257–277.

Apel-Leybold, Ulrich: *Frühe Geschichte der Tonaufnahmetechnik – von der Schweinsblase bis zum Kohlemikrophon*, in: Bildungswerk des Verbandes Deutscher Tonmeister (Hrsg.), *16. Tonmeistertagung Karlsruhe 1990. Internationaler Kongreß mit Fachausstellung vom 20. bis 23. November 1990 in der Stadthalle. Bericht*. Berlin 1991, S. 375–383.

Appleton, Jon H.: *The development and practice of electronic music*, Prentice-Hall N.J. 1975.

Arndt, Jürgen: *Der Einfluß javanischer Gamelan-Musik auf Kompositionen von Claude Debussy* (= Europäische Hochschulschriften: Reihe 36, Musikwissenschaft 90), Frankfurt a.M. u.a. 1993.

Auhagen, Wolfgang/Eberlein, Roland u.a.: Art. *Akustik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 1, Kassel u.a. 1994, Sp. 366–421.

Balk, Helmut: *Das Musikinstrument als historische Quelle*, in: Franz Körndle/Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Restaurierung und Konservierung historischer Tasteninstrumente in den Sammlungen der Klassik-Stiftung Weimar*, Augsburg 2010, S. 39–55.

Barthelmes, Barbara: *Experimentieren, Basteln, Gestalten, Inszenieren. Wandlungen des künstlerischen Selbstverständnisses*, in: Helga de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musikästhetik* (= Handbuch der Systematischen Musikwissenschaft 1), Laaber 2004, S. 330–352.

Bell, Frank u.a.: *Zeitschichten: Magnetbandtechnik als Kulturträger. Erfinder-Biographien und Erfindungen* (=Weltwunder der Kinematographie 9), Potsdam 2009.

Bekker, Paul: *Was ist ›Neue Musik‹*, in: *Die Musik* 20/3 (1927), S. 161–174.

Betzwieser, Thomas: *Exotismus und ›Türkenoper‹ in der französischen Musik des Ancien Régime* (= Neue Heidelberger Studien zur Musikwissenschaft 21), Laaber 1993.

Betzwieser Thomas/Stegmann, Michael: Art. *Exotismus*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 3, Kassel u.a. 1995, Sp. 226–243.

Beyer, Robert: *Das Problem der ›kommenden Musik‹*, in: *Die Musik* 12/XX (1928), S. 861–866.

von Blumröder, Christoph: Art. *Neue Musik*, in: Hans Heinrich Eggebrecht (Hrsg.) *Handwörterbuch der musikalischen Terminologie*, Freiburg i. Br. 1980.

Bösze, Cordula: *Telharmonium II. Das untemperierte Riesenradio*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 125–129.

Botstein, Leon: Art. *Modernism*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 16, London 2001, S. 868–875.

Bowles, Edmund A.: Art. *Instruments and technology*, in: Stanley Sadie (Hrsg.) *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 12, London 2001, S. 470–473.

Braun, Christoph/Finscher, Ludwig (Hrsg.): *Max Weber. Zur Musiksoziologie. Nachlaß 1921*. (= Max Weber Gesamtausgabe, Abteilung I: Schriften und Reden 14), Tübingen 2004.

Braun, Christoph: *Max Webers ›Musiksoziologie‹* (=Neue Heidelberger Studien zur Musikwissenschaft 20), Laaber 1992.

Breßler, Eva Susanne: *Von der Experimentierbühne zum Propagandainstrument. Die Geschichte der Funkausstellung von 1924 bis 1939* (= Medien in Geschichte und Gegenwart 25), Köln 2009.

Bretting, Jork: *Schrittmacher der Telekommunikation*, in: Erdmann Thiele (Hrsg.), *Telefunken nach 100 Jahren. Das Erbe einer deutschen Weltmarke*, Berlin 2003, S. 130–149.

Buchner, Alexander (übersetzt von Gisela Matuchová): *Mechanische Musikinstrumente*, Prag/Hanau 1992.

Busch, Hermann Richard: Art. *Chladni, Ernst Florens Friedrich*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 4, Kassel u.a. 2000, Sp. 956–958.

Busoni, Ferruccio: *Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst*, in: Martina Wendel (Hrsg.), *Ferruccio Busoni. Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Ergänzte und kommentierte Neuausgabe*, Wilhelmshafen 2001 (=Taschenbücher zur Musikwissenschaft 145), S. 7–56.

Cadenbach, Rainer (u.a.): Art. *Musikwissenschaft*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 6, Kassel u.a. 1997, Sp. 1789–1834.

Chadabe, Joel: *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*. Prentice-Hall N.J. 1997.

Chladni, Ernst Florenz Friedrich: *Beyträge zur praktischen Akustik und zur Lehre vom Instrumentenbau, enthaltend die Theorie und Anleitung zum Bau des Clavicylinders und damit verwandter Instrumente*, fotomechanischer Nachdruck der Originalausgabe von 1821, Leipzig 1980.

Chladni, Ernst Florenz Friedrich: *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, fotomechanischer Nachdruck der Originalausgabe von 1787, Leipzig 1980.

Collins, Nick/ d’Escriván, Julio: *The Cambridge Companion to Electronic Music*, Cambridge ³2009.

Custodis, Michael: *Neue Musik am Rand des Musiklebens*, in: Albrecht Riethmüller (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1925–1945* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 2), Laaber 2006, S. 139–164.

Dahlhaus, Carl: *Die Musik des 19. Jahrhunderts* (= Neues Handbuch für Musikwissenschaft 6), Wiesbaden 1980.

Dahlhaus, Carl: *Die Neue Musik und das Problem der musikalischen Gattungen*, in: Helmut Kreuzer (Hrsg.), *Gestaltungsgeschichte und Gesellschaftsgeschichte. Literatur-, Kunst- und Musikwissenschaftliche Studien. Festschrift für Fritz Martini zum 60. Geburtstag*, Stuttgart 1969, S. 516–528.

Danuser, Hermann: *Die Musik des 20. Jahrhunderts* (= Neues Handbuch für Musikwissenschaft 7), Laaber 1984.

Danuser, Hermann: Art. *Neue Musik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 7, Kassel u.a. 1997, Sp. 75–122.

Deutsch, Werner A. u.a.: Art. *Klangfarbe*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 5, Kassel u.a. 1996, Sp. 138–170.

Davies, Hugh: Art. *Electronic instruments*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London ²2001, S. 67–107.

Davies, Hugh: Art. *Filter [equalizer]*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London ²2001, S. 817.

Davies, Hugh: Art. *Stroh violin*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 24, London ²2001, S. 602.

Davies, Hugh: Art. *Clavecin électrique*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *The New Grove. Dictionary of Musical Instruments* 1, London 1987, S. 414–415.

Davies, Hugh: Art. *Denis d'or*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *The New Grove. Dictionary of Musical Instruments* 1, London 1987, S. 556.

Davies, Hugh: Art. *Mixtur-Trautonium*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Musical Instruments* 3, London 1987, S. 666–667.

Davies, Hugh/Orton, Richard: Art. *Ondes Martenot*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 18, London ²2001, S. 408–409.

Davies, Hugh/Orton, Richard: Art. *Theremin*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 25, London ²2001, S. 386–387.

Dhombres, Jean: Art. *École Polytechnique*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 3, Stuttgart 2006, Sp. 17–19.

Diller, Ansgar u.a.: Art. *Rundfunk und Fernsehen*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 8, Kassel u.a. 1998, Sp. 611–640.

Donhauser, Peter: *Konserventöne, Elektroklänge und Ingenieurmusik. Anmerkungen zur Technik- und Musikgeschichte*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 15–42.

Donhauser, Peter: *Wellen am Schnürchen*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 140–141.

Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen. Die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, Wien u.a. 2007.

Dorf, Richard H.: *Electronic Musical Instruments*, New York ²1959.

Dräger, Hans-Heinz: *Prinzip einer Systematik der Musikinstrumente* (= Musikwissenschaftliche Arbeiten 3), Kassel u.a. 1948.

Dräger, Hans-Heinz: Art. *Instrumentenkunde*, in: Friedrich Blume (Hrsg.) *Musik in Geschichte und Gegenwart*, Band 6, Kassel u.a. 1957, Sp. 1288–1295.

Ebbeke, Klaus: *Paul Hindemith und das Trautonium*, in: *Hindemith-Jahrbuch* 1982/XI, S. 77–113.

Edison, Thomas Alva: *The phonograph and its future*, in: *The North American Review*, 126/262 (1878), S. 527–563.

Eichhorn, Andreas: Art. *Sachs, Curt*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 14, Kassel u.a. 2005, Sp. 767–770.

Eimert, Herbert/Humpert, Hans Ulrich: *Das Lexikon der elektronischen Musik*, Regensburg 1973.

Eimert, Herbert: *Die zweite Entwicklungsphase der Neuen Musik*, in: *Melos* 12/XXVII (1960), S. 365–369.

Eimert, Herbert: *Vorwort*, in: ders. (Hrsg.), *die Reihe. Informationen über serielle Musik I* (1955), S. 7.

Eimert, Herbert: *Die sieben Stücke*, in: ders. (Hrsg.), *die Reihe. Informationen über serielle Musik I* (1955), S. 8–13.

Eimert, Herbert: Art. *Elektronische Musik*, in: Friedrich Blume (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart*, Band 3, Kassel u.a. 1954, Sp. 1263–1268.

Elftmann, Heike: *Georg Schünemann (1884–1945). Musiker, Pädagoge, Wissenschaftler und Organisator. Eine Situationsbeschreibung des Berliner Musiklebens* (= Berliner Musik Studien. Schriftenreihe zur Musikwissenschaft an den Berliner Hochschulen und Universitäten 19), Potsdam 1996.

Elste, Martin/Schüller, Dietrich: Art. *Tonträger und Tondokumente*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 8, Kassel u.a. 1998, Sp. 646–678.

Emmerson, Simon/Smalley, Denis: Art. *Electro-acoustic music*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 8, London 2001, S. 59–67.

Flesch, Carl: *Die Kunst des Violinspiels*, Berlin 21929.

Fischer-Defoy, Christine: *Kunst Macht Politik. Die Nazifizierung der Kunst- und Musikhochschulen in Berlin*, Berlin 1988.

Fricke, Jobst: Art. *Stumpf, Carl*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 16, Kassel u.a. 2006, Sp. 228–231.

Fricke, Stefan: Art. *Herbert Eimert*, in: Hanns-Werner Heister/Walter-Wolfgang Sparrer (Hrsg.), *Komponisten der Gegenwart*, o.O. 2013.

Frieß, Peter (Hrsg.): *Oskar Sala. Pionier der elektronischen Musik*, Göttingen 2000.

Frisius, Rudolf: *Musik und Technik. Veränderungen des Hörens – Veränderungen im Musikleben*, in: ders./Helga de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musik und Technik. Fünf Kongreßbeiträge und vier Seminarberichte* (= Veröffentlichungen des Instituts für Neue Musik und Musikerziehung Darmstadts 36), Mainz 1996, S. 22–48.

Glinsky, Albert: *Theremin: Ether Music and Espionage*, Urbana 2000.

Goodman, Alfred G./Potter, Pamela M.: Art. *Goslich, Siegfried*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 10, London 2001, S. 167.

Goslich, Siegfried: *Musik im Rundfunk*, Tutzing 1971.

Grossbach, Jan: Art. *Harmonium*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 4, Kassel u.a. 1996, Sp. 210–227.

Habá, Alois: *Neue Harmonielehre des diatonischen, chromatischen, Viertel-, Drittel-, Sechstel- und Zwölfteltonsystems*. Nachdruck der Ausgabe von 1927, München 2001.

Hagmann, Peter: *Das Welte-Mignon-Klavier, die Welte-Philharmonie-Orgel und die Anfänge der Reproduktion von Musik* (= Europäische Hochschulschriften: Reihe 36, Musikwissenschaft 10), Frankfurt a.M. u.a. 1984.

Hammerstein, Reinhold: *Macht und Klang. Tönende Automaten als Realität und Fiktion in der alten und mittelalterlichen Welt*, Bern 1986.

Hausberger, Bernd u.a.: Art. *Technologietransfer*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 13, Stuttgart 2011, Sp. 319–334.

Hein, Folkmar: *Internationale Dokumentation elektroakustischer Musik*, Saarbrücken 1996.

Heldt, Guido: *Die Ausdehnung des musikalischen Kosmos*, in: Albrecht Riethmüller (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1925–1945* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 2), Laaber 2006, S. 105–138.

Hellenkemper, Nicolas: *Instrumentalvibrato im 19. Jahrhundert. Technik – Anwendung – Notationsformen. Mit einem Ausblick ins 20. Jahrhundert* (= Schriften zur Musikwissenschaft aus Münster 24), Schneverdingen 2007.

von Helmholtz, Hermann: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig 1863.

Henkel, Hubert/Riedel, Friedrich Wilhelm: Art. *Klavier*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 5, Kassel u.a. 1996, Sp. 283–313.

Hermann, Ludimar: *Lehrbuch der Physiologie*, Berlin ¹⁰1892.

Heyde, Herbert: *Musikinstrumentenbau in Preußen*, Tutzing 1994.

Heyde, Herbert: *Das Ventilblasinstrument*, Wiesbaden 1987.

Heyde, Herbert: *Musikinstrumentenbau. 15.–19. Jahrhundert. Kunst-Handwerk-Entwurf*, Wiesbaden 1986.

Hirsbrunner, Theo: *Debussy und seine Zeit*. Laaber 1981.

Hochadel, Oliver: Art. *Elektrische Instrumente*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 3, Stuttgart 2006, Sp. 179–181.

Hocker, Jürgen: *Faszination Player Piano. Das selbstspielende Klavier von den Anfängen bis zur Gegenwart*, Bergkirchen 2009.

Hocker, Jürgen: Art. *Mechanische Musikinstrumente*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Kassel u.a. 1996, Sachteil 5, Sp. 1710–1742.

Hocker, Jürgen: *Mechanische Musikinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 341–355.

Holmes, Thomas: *Electronic and experimental Music*, New York 1985.

von Hornbostel, Erich Moritz/Sachs, Curt: Art. *Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch*, in: *Zeitschrift für Ethnologie* 4 und 5/43 (1914), S. 553–590.

Howe, Hubert S. Jr.: Art. *Electronic Music*, in: Stanley Sadie (Hrsg.), *New Grove Dictionary of Music and Musicians* 6, London 1980, S. 107–110.

Hugill, Andrew: *The origins of electronic music*, in: Nick Collins/Julio d'Escriván (Hrsg.), *The Cambridge Companion to Electronic Music*, Cambridge ³2009. S. 7–23.

Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008.

Jakob, Friedrich: *Die Orgel. Orgelbau und Orgelspiel von der Antike bis zur Gegenwart* (= Unsere Musikinstrumente 1), Bern ⁵1981.

Joachim, Joseph/Moser, Andreas: *Violinschule in 3 Bänden*, Berlin 1905.

Joppig, Gunther: *Holzblasinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 39–90.

Jungk, Klaus: *Musik im technischen Zeitalter. Von der Edison-Walze zur Bildplatte* (= Buchreihe des Sender Freies Berlin 11), Berlin 1971.

Kabisch, Thomas: Art. *Debussy, (Achille-)Claude*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 5, Kassel u.a. 2001, Sp. 566–640.

Katz, Mark: *Capturing sound: how technology has changed music*, Berkeley u.a. ²2010.

Kloss, Berthold: *Akustik*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 11–26.

Klotz, Sebastian: Art. *Hornbostel, Erich Moritz, Moritz, Ritter von*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 9, Kassel u.a. 2003, Sp. 356–364.

Kovács, Sándor: *The Ethnomusicologist* in: Malcolm Gillies (Hrsg.), *The Bartók Companion*, London 1993, S. 51–63.

Kowar, Helmut: *Mechanische Musik. Eine Bibliographie und eine Einführung in systematische und kulturhistorische Aspekte mechanischer Musikinstrumente*, Wien 1996.

Krickeberg, Dieter: *Automatische Musikinstrumente*, in: René Block u.a. (Hrsg.), *Für Augen und Ohren. Von der Spieluhr zum akustischen Environment* (= Akademie-Katalog 127), Berlin 1980, S. 10–39.

Kubicek, Ralf: *Funktionelle Harmonie. Ein musiktheoretisches Lehr- und Arbeitsbuch*, Leipzig 2009.

Kvifte, Tellef: *Instruments and the Electronic Age*, Oslo 1988.

Leibowitz, René: *Béla Bartók oder die Möglichkeit des Kompromisses in der zeitgenössischen Musik*, in: Heinz-Klaus Metzger/Rainer Riehn (Hrsg.), *Béla Bartók* (= Musik-Konzepte 22), München 1981, S. 11–39.

Lertes, Peter: *Elektrische Musik. Eine gemeinverständliche Darstellung ihrer Grundlagen, des heutigen Standes der Technik und ihrer Zukunftsmöglichkeiten*, Dresden und Leipzig 1933.

Lindner, Helmut: *Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität* (= Buchreihe zur Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik), Hamburg 1985.

Lockspeiser, Edward: *Debussy: His Life And Mind* 2, Cambridge 1978.

Lottermoser, Werner: *Akustische Beurteilung elektronischer Musikinstrumente*, in: *Archiv für Musikwissenschaft* IV (1955), S. 249–279.

Lotz, Rainer: Art. *Telefunken*, in: Stanley Stadie (Hrsg.), *New Grove. Dictionary of Music and Musicians* 25, London 2001, S. 197–198.

Luening, Otto: *Origins*, in: Appleton, Jon H. (Hrsg.): *The development and practice of electronic music*, Prentice-Hall N.J. 1975, S. 1–21.

Mager, Jörg: *Biographisches zum ›Sphärophon‹*, in: *Musik und Maschine, Sonderheft der Musikblätter des Anbruch* 8-9/IIX (1926), S. 391–392.

Martenot, Maurice: *Künstlerische und technische Merkmale des elektronischen Musik-instruments; Zukunftsperspektiven*, in: Werner Meyer-Eppler (Hrsg.), *Musik, Raumgestaltung, Elektroakustik. Internationaler Kongreß ›Musik und Elektroakustik‹*, Mainz 1955, S. 72–77.

Mauser, Siegfried: *Musikalische Moderne und Neue Musik als kompositionsgeschichtliche Paradigmen*, in: ders./Matthias Schmidt (Hrsg.), *Geschichte der Musik im 20. Jahrhundert: 1900–1925* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 1), Laaber 2005, S. 31–39.

van der Meer, John Henry: Art. *Instrumentenkunde*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 4, Kassel u.a. 1996, Sp. 951–970.

van der Meer, John Henry: *Musikinstrumente. Von der Antike bis zur Gegenwart*. München 1983.

Mende, Michael: Art. *Musterweberei*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 8, Stuttgart 2008, Sp. 981–985.

Meyer, Jürgen/Pape, Uwe u.a.: Art. *Orgel*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 7, Kassel u.a. 1997, Sp. 881–1048.

Meyer, Jürgen: *Forschung für den Musikinstrumentenbau*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 357–371.

Meyer-Eppler, Werner: *Elektrische Klangerzeugung: Elektronische Musik und synthetische Sprache*, Bonn 1949.

Milner, Greg: *Perfecting Sound Forever. An Aural History of Recorded Music*, New York 2009.

Moeck, Hermann: *Einleitung*, in: ders. (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Deutscher Musikinstrumentenbau*, Celle 1987, S. 5–39.

Pfrogner, Hermann: *Musik. Geschichte ihrer Deutung*, Freiburg/München 1954.

Prieberg, Fred K.: *Musik des technischen Zeitalters*, Zürich 1956

Quantz, Johann Joachim: *Versuch einer Anweisung die Flöte traversiere zu spielen* (= Documenta Musicologia II) Faksimile-Nachdruck der 3. Auflage, Breslau 1789, Kassel u.a. 1953.

Reckert, Sascha: Art. *Glasharmonika*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 3, Kassel u.a. 1995, Sp. 1400–1414.

Reichling, Alfred: *Orgel*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 243–276.

Reichert, Peter: *Orgelbau. Kunst und Technik*, Wilhelmshafen 1995.

Reinecke, Hans-Peter: Art. *Helmholtz, Hermann (Ludwig Ferdinand)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 8, Kassel u.a. 2002, Sp. 1269–1273.

Reininghaus, Wilfried: Art. *Gewerbepolitik*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 4, Stuttgart 2006, Sp. 836–845.

Reittererová, Vlasta: Art. *Habá Familie: Alois (1)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 8, Kassel u.a. 2002, Sp. 345–348.

Rhea, Thomas LaMar: *The Evolution of Electronic Musical Instruments in the United States*, Diss. Nashville Tenn. 1972, Nachdruck von Mikrofilm, Ann Arbor 1975.

Richter, Thomas: Art. *Sala, Oskar*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 14, Kassel u.a. 2005, Sp. 826–827.

Riethmüller, Albrecht (u.a.): Art. *Busoni, Ferruccio (Dante Michelangelo Benvenuto)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 3, Kassel u.a. 2000, Sp. 1371–1401.

Roads, Curtis: *Early Electronic Musical Instruments. Time Line 1899–1950*, in: *Computer Music Journal* 20/3 (1996), S. 20–23.

Ruckdeschel, Wilhelm: *Technische Neuerungen im Wandel der Energiegewinnung*, in: Claus Grimm (Hrsg.), *Aufbruch ins Industriezeitalter 1. Linien der Entwicklungsgeschichte* (=Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur 3/85), München 1985, S. 140.

Ruschkowski, André: *Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen*, Stuttgart 2010.

Sachs, Curt: *Real-Lexicon der Musikinstrumente. Zugleich Polyglossar für das gesamte Instrumentengebiet*, reprographischer Nachdruck der Ausgabe Berlin 1913, Hildesheim 1962.

Sachs, Curt: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde*, vierter reprografischer Nachdruck der 2. Auflage Leipzig 1930 (= Kleine Handbücher der Musikgeschichte nach Gattungen 12), Wiesbaden 1974.

Sala, Oskar: *Mixtur-Trautonium und Studio-Technik*, in: Hermann Scherchen (Hrsg.), *Gravesaner Blätter* 23, 24/6 (1962), S. 42–51.

Sala, Oskar: *Das Mixturtrautonium*, in: Fritz Winckel (Hrsg.), *Klangstruktur der Musik. Neue Erkenntnisse musik-elektronischer Forschung. Vortragsreihe ›Musik und Technik‹ des Außeninstitutes der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg*, Berlin-Borsigwalde 1955, S. 91–108.

Sala, Oskar: *Elektronische Klanggestaltung mit dem Mixtur-Trautonium*, in: Werner Meyer-Eppler (Hrsg.), *Musik, Raumgestaltung, Elektroakustik. Internationaler Kongreß ›Musik und Elektroakustik‹*, Mainz 1955, S. 78–87.

Sala, Oskar: *Objektive und subjektive Resonanzeffekte bei kurzdauernden Impulsfolgen*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 9/5 (1951), S. 250–258.

Sala, Oskar: *Psycho-physische Konsequenzen elektro-akustischer Klangsynthesen*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 1/5 (1951), S. 13–20.

Sala, Oskar: *Das Mixtur-Trautonium*, in: *Melos* 9/17 (1950), S. 247–251.

Sala, Oskar: *Das Mixturtrautonium*, in: *Physikalische Blätter* 9/6 (1950), S. 390–398.

Sala, Oskar: *Das Trautonium. Begriff und Aufgabe*, in: *Theater der Zeit* 4/11 (1949), S. 25–28.

Sala, Oskar: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 12/2 (1948), S. 315–322.

Sala, Oskar: *Experimentelle und theoretische Grundlagen des Trautoniums Teil 2*, in: *Frequenz. Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik* 1/3 (1949), S. 13–19.

Sala, Oskar: *Ein neues elektrisches Soloinstrument*, in: *Neues Musikblatt*, Mai/Juni 1938, S. 5–6.

Schauerte-Maubouet, Helga/Zywietz, Michael: Art. *Orgelmusik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 7, Kassel u.a. 1997, Sp. 1054–1098.

Schenk, Dietmar: Art. *Schünemann, Georg*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 15, Kassel u.a. 2006, Sp. 342–343.

Schenk, Dietmar: *Die Hochschule für Musik zu Berlin. Preußens Konservatorium zwischen romantischem Klassizismus und Neuer Musik, 1869–1932/33*, Stuttgart 2004 (= Pallas Athene. Beiträge zur Universitäts- und Wissenschaftsgeschichte 8).

Schenk, Dietmar: *Paul Hindemith und die Rundfunkversuchsstelle der Berliner Musikhochschule*, in: *Hindemith-Jahrbuch*, 1996/XXV, S. 179–194.

Schmid, Manfred Hermann: *Theobald Boehm – Die Revolution der Flöte* (= Veröffentlichungen des Musikinstrumentenmuseums München 1), Tutzing 1981.

Schönberg, Arnold: *Harmonielehre*, Sonderausgabe Wien 2001.

Schubert, Giseler: Art. *Hindemith, Paul*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 9, Kassel 2003, Sp. 5–51.

Schuler, Manfred: Art. *Donaueschingen*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 1340–1345.

Simon, Ernst: *Mechanische Musikinstrumente früherer Zeiten und ihre Musik*, Wiesbaden 1980.

Sitter, Peer: *Das Denis d'or: Urahn der elektroakustischen Musikinstrumente?* in: Wolfgang Auhagen u.a. (Hrsg.), *Systematische Musikwissenschaft. Festschrift Jobst Peter Fricke zum 65. Geburtstag*, Köln 2003, S. 303–305.

Somfai, László: Art. *Bartók, Béla (Viktor János)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 2, Kassel u.a. 1999, Sp. 341–402.

Stahlhut, E.: *Über die Verwendung der Electricität auf dem Gebiete der Orgelbaukunst*, in: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 31/VI (1886), S. 449.

Stange-Elbe, Joachim: *Das andere Musikinstrument. Von elektrischen Spielinstrumenten zum Synthesizer*, in: Elena Ungeheuer (Hrsg.), *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5), Laaber 2002, S. 263–282.

Steinle, Friedrich: Art. *Naturwissenschaft*, in: Friedrich Jaeger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Neuzeit* 9, Stuttgart 2009, Sp. 54–58.

Stephan, Rudolf: Art. *Moderne*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 6, Kassel u.a. 1997, Sp. 392–397.

Strobel, Heinrich: o. T., in: *Musik und Maschine, Sonderheft der Musikblätter des Anbruch* 8-9/IIX (1926), S. 404.

Stroh, Wolfgang Martin: Art. *Elektronische Musik*, in: Hans Heinrich Eggebrecht (Hrsg.) *Handwörterbuch der musikalischen Terminologie*, Freiburg i. Br. 1972.

Stuckenschmidt, Hans Heinrich (Hrsg.), *Ferruccio Busoni Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Faksimile einer Ausgabe von 1916 mit den handschriftlichen Anmerkungen von Arnold Schönberg*, Frankfurt a.M. 1974.

Stumpf, Carl: *Die Sprachlaute: Experimentell-Phonetische Untersuchungen nebst einem Anhang über Instrumental-Klänge*, Berlin 1926.

Supper, Martin: *Elektroakustische Klangerzeugung und ihre Instrumente*, in: *Handbuch der Musikinstrumentenkunde. Begründet durch Erich Valentin*, Kassel 2004, S. 327–350.

Supper, Martin: Art. *Eimert, Herbert*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 6, Kassel u.a. 2001, Sp. 162–164.

Supper, Martin/Ungeheuer, Elena: Art. *Elektroakustische Musik*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 1717–1765.

Temperley, Nicholas: *Vorwort*, in: ders. (Hrsg.), *Hector Berlioz. New Edition of the Complete Works* 16, Kassel u.a. 1972, S.

Trautwein, Friedrich (Hrsg.): *Trautonium Schule*, Mainz 1933.

Trautwein, Friedrich: *Elektrische Musik* (= Veröffentlichungen der Rundfunkversuchsstelle bei der Staatlichen akademischen Hochschule für Musik 1), Berlin 1930.

Tremmel, Erich: *Innovation im Klavierbau*, in: Franz Körndle/Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Restaurierung und Konservierung historischer Tasteninstrumente in den Sammlungen der Klassik-Stiftung Weimar*, Augsburg 2011, S. 167–188.

Tremmel, Erich: *Klaviergeschichte und Klaviergeschichten*, in: ders./Gert-Dieter Ulferts (Hrsg.), *Kosmos Klavier. Historische Tasteninstrumente der Klassik Stiftung Weimar*, Augsburg 2011, S. 57–126.

Tremmel, Erich: Art. *Bügelhorn*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 2, Kassel u.a. 1995, Sp. 239–254.

Tremmel, Erich: *Blasinstrumentenbau im 19. Jahrhundert in Südbayern* (= Collectanea Musicologica 3), Augsburg 1993.

Tremmel, Erich: *Der Musikinstrumentenbau im Königreich Bayern während des 19. Jahrhunderts im Lichte der Gewerbestatistiken*, in: Franz Krautwurst (Hrsg.), *Augsburger Jahrbuch für Musikwissenschaft* 1990/VII, S. 117–176.

Ungeheuer, Elena: *Imitative Instrumente und innovative Maschinen? Musikästhetische Orientierung der elektrischen Klangmaschinen*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 45–58.

Ungeheuer, Elena (Hrsg.): *Elektroakustische Musik* (= Handbuch der Musik im 20. Jahrhundert 5), Laaber 2002.

Ungeheuer, Elena: *Wie die elektronische Musik ›erfunden‹ wurde... Quellenstudien zu Meyer-Epplers Entwurf zwischen 1949 und 1953* (= Kölner Schriften zur neuen Musik 2), Mainz 1992.

Voigt, Wolfgang: *Elektronische und Mechanisch-Elektronische Musikinstrumente*, in: Hermann Moeck (Hrsg.), *Fünf Jahrhunderte Musikinstrumentenbau in Deutschland*, Celle 1987, S. 313–340.

Vorreiter, Leopold: *Die Musikorganologie als neuer Wissenschaftszweig*, in: Institut für Musikorganologie (Hrsg.), *Archiv für Musikorganologie* 1/I (1976), S. 3–16.

Vysloužil, Jiří: *Alois Hába in der Musikentwicklung des 20. Jahrhunderts*, in: Horst-Peter Hesse/Wolfgang Thies (Hrsg.), *Gedanken zu Alois Hába* (= Wort und Musik Salzburger Akademische Beiträge 35), Salzburg 1996, S. 9–25.

Weidenaar, Reynold: *Magic Music from the Telharmonium*, Metuchen N.J. und London 1995.

Weindel, Martina (Hrsg.): *Ferruccio Busoni. Entwurf einer neuen Ästhetik der Tonkunst. Ergänzte und kommentierte Neuausgabe* (= Taschenbücher zur Musikwissenschaft 145), Wilhelmshafen 2001, *Kommentarteil*, S. 76–142.

Welker, Lorenz: Art. *Zink*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Sachteil 9, Kassel u.a. 1998, Sp. 2383–2390.

Widmann, Wilhelm: *Die Orgel*, München 1923.

Winckelmann, Joachim: *Das Trautonium. Ein neues Radio-Musikinstrument* (= Deutsche Radio-Bücherei 17), Berlin 1930.

Wissmann, Friederike: Art. *Trautwein, Friedrich (Adolf)*, in: Ludwig Finscher (Hrsg.), *Musik in Geschichte und Gegenwart* 2, Personenteil 16, Kassel u.a. 2006, Sp. 1013.

Zeller, Hans Rudolf: *Anmerkung des Übersetzers zu René Leibowitz: Béla Bartók oder die Möglichkeit des Kompromisses in der zeitgenössischen Musik*, in: Heinz-Klaus Metzger/Rainer Riehn (Hrsg.), *Béla Bartók* (= Musik-Konzepte 22), München 1981, S. 36–38.

Zielinski, Siegfried: *Affekte und Effekte. Eine minimale Enzyklopädie um einfache Apparate und Automaten*, in: Institut für Medienarchäologie (Hrsg.): *Zauberhafte Klangmaschinen. Von der Sprechmaschine bis zur Soundkarte*, Mainz 2008, S. 61–80.

Zwißler, Florian: *Elektronisch aus Klangwissen erzeugte Musik. Klangsynthese – Ein Begriff mit Unschärfen*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 139 (2013), S. 19–24.

Zwißler, Florian: *Additiv oder subtraktiv? Synthesen: Verfahren und Konzepte*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 138 (2013), S. 41–47.

Zwißler, Florian: *Synthetisieren – Speichern – Steuern. Geräte und Geschichte der Klangsynthese*, in: *MusikTexte. Zeitschrift für Neue Musik* 137 (2013), S. 69–77.

von Zwehl, Konrad (Hrsg.): *Aufbruch ins Industriezeitalter 3. Quellen zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts* (=Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur 5/85), München 1985.